



SKRIPSI – TK 141581

STUDI KOMPARATIF METODE *BATCHWISE SOLVENT EXTRACTION* DAN *MICROWAVE EXTRACTION* UNTUK PEMURNIAN BAHAN BAKU PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK NYAMPLUNG DAN JARAK PAGAR

Oleh:

Badril Azhar

NRP. 02211645000004

Hanggoro Tri Aditya

NRP. 02211645000017

Dosen Pembimbing

Hakun Wirawasista Aparamarta, ST, M.MT, Ph.D

NIP. 1978 09 222008 12 1001

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2018



FINAL PROJECT – TK 141581

***COMPARATIVE STUDY OF BATCHWISE SOLVENT
EXTRACTION METHOD AND MICROWAVE EXTRACTION
FOR PURIFICATION OF RAW MATERIALS FOR MAKING
BIODIESEL FROM NYAMPLUNG OIL AND JATROPHA
CURCAS***

**By:
Badril Azhar
NRP. 02211645000004**

**Hanggoro Tri Aditya
NRP. 02211645000017**

**Advisor Lecturer
Hakun Wirawasista Aparamarta, ST, M.MT, Ph.D
NIP. 1978 09 222008 12 1001**

**CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI KOMPARATIF METODE *BATCHWISE SOLVENT EXTRACTION* DAN *MICROWAVE EXTRACTION* UNTUK PEMURNIAN BAHAN BAKU PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK NYAMPLUNG DAN JARAK PAGAR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

Badril Azhar

02211645000004

Hanggoro Tri Aditya

02211645000017

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Hakun Wirawasista A., S.T., MMT., Ph.D.
(Pembimbing)
2. Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng.
(Penguji I)
3. Dr. Ir. Sri Rahmania Juliastuti, M.Eng.
(Penguji II)
4. Setiyo Gunawan, S.T., Ph.D.
(Penguji III)



**Surabaya,
Juli 2018**

STUDI KOMPARATIF METODE *BATCHWISE SOLVENT EXTRACTION* DAN *MICROWAVE EXTRACTION* UNTUK PEMURNIAN BAHAN BAKU PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK NYAMPLUNG DAN JARAK PAGAR

Nama / NRP : 1. Badril Azhar (02211645000004)
2. Hanggoro Tri Aditya (02211645000017)
Pembimbing : Hakun Wirawasista A., S.T., M.MT, Ph.D
Departemen : Teknik Kimia FTI – ITS

ABSTRAK

Energi fosil merupakan energi tak terbarukan yang selama ini menjadi tumpuan penduduk seluruh dunia dalam kebutuhan energi mengakibatkan jumlahnya semakin menipis dari waktu ke waktu sehingga dibutuhkan pengembangan pada jenis energi terbarukan, salah satunya biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang biaya produksinya secara keseluruhan dipengaruhi oleh bahan baku sehingga diperlukan metode yang tepat dalam pemurnian bahan baku biodiesel. Adapun dalam pemilihan metode, hal terpenting adalah bagaimana meningkatkan kadar trigliserida (TG) dan menurunkan kadar *free fatty acid* (FFA) dalam minyak. Selama ini, metode *Batchwise Solvent Extraction* (BSE) berhasil memisahkan senyawa trigliserida dengan kadar yang tinggi. Akan tetapi, metode ini membutuhkan waktu yang lama. Penelitian ini bertujuan melakukan komparasi efektifitas metode BSE dan *Microwave Extraction* (ME) dalam pemurnian minyak. Variabel yang digunakan yaitu *crude* minyak nyamplung dan jarak pagar dengan campuran pelarut petroleum eter (PE) dan metanol. Rasio pelarut terhadap minyak 5:1 (g/g), dan rasio pelarut PE-metanol 3:1 (g/g). Pada metode BSE dilakukan pencucian sebanyak 10 *stages*. Pada metode ME, panjang gelombang yang digunakan 2,45 Hz dengan variabel daya 150; 300; 450; 600 Watt dan waktu 30; 60; 90 menit. Hasil yang didapatkan kemudian dilakukan analisa *Thin Layer Chromatography* dan *Gas*

Chromatography. Didapatkan kesimpulan bahwa kondisi optimal metode BSE tercapai pada *stage* ke-9. Pada minyak nyamplung, kadar TG meningkat dari 75,99% menjadi 94,67% dan kadar FFA menurun dari 11,23% menjadi 0,63 % dalam waktu 139 jam sedangkan pada minyak jarak pagar kadar TG meningkat dari 73,02% menjadi 95,94% dan kadar FFA menurun dari 11,89% menjadi 0,32 % dalam waktu 144 jam. Kondisi optimal metode ME tercapai pada daya 450 watt dalam waktu 30 menit. Pada minyak nyamplung, kadar TG meningkat dari 75,99% menjadi 83,46% dan kadar FFA menurun dari 11,23% menjadi 7,50% sedangkan pada minyak jarak pagar kadar TG meningkat dari 73,02% menjadi 80,53% dan kadar FFA menurun dari 11,89% menjadi 11,65%.

Kata Kunci: *Batchwise Solvent Extraction* (BSE), Jarak Pagar, *Microwave Extraction* (ME), Nyamplung, Triglicerida

**COMPARATIVE STUDY OF BATCHWISE SOLVENT
EXTRACTION METHOD AND MICROWAVE EXTRACTION
FOR PURIFICATION OF RAW MATERIALS FOR MAKING
BIODIESEL FROM NYAMPLUNG OIL AND PHYSIC NUT**

Nama / NRP : 1. Badril Azhar (02211645000004)
2. Hanggoro Tri Aditya (02211645000017)
Pembimbing : Hakun Wirawasista A., S.T., M.MT, Ph.D
Departemen : Teknik Kimia FTI – ITS

ABSTRACT

Fossil energy is a non-renewable energy that has been the foundation of the world's population in energy needs resulting in a depletion over time so that the development of renewable energy is needed, one of which is biodiesel. Biodiesel is a fuel from vegetable oil which overall production costs are influenced by raw materials so that the right method is needed in refining biodiesel raw materials. As for the selection of methods, the most important thing is how to increase triglyceride (TG) levels and reduce levels of free fatty acids (FFA) in oil. So far, the Batchwise Solvent Extraction (BSE) method has succeeded in separating high levels of triglyceride compounds. However, this method takes a long time. This study aims to compare the effectiveness of the BSE method and Microwave Extraction (ME) in oil purification. The variables used were crude nyamplung oil and jatropha with a mixture of petroleum ether (PE) and methanol solvents. Solvent to oil ratio of 5: 1 (g / g), and PE-methanol 3: 1 solvent ratio (g / g). In the BSE method there were 10 stages of washing. In the ME method, the wavelength used was 2.45 Hz with power variables of 150; 300; 450; 600 Watts and 30 times; 60; 90 minutes. The results obtained were then analyzed for Thin Layer Chromatography and Gas Chromatography. It was concluded that the optimal condition of the BSE method was reached in the 9th stage. In nyamplung oil, TG levels increased from 75.99% to 94.67% and FFA levels decreased

from 11.23% to 0.63% in 139 hours while in jatropha oil TG levels increased from 73.02% to 95.94% and FFA levels decreased from 11.89% to 0.32% within 144 hours. The optimal condition of the ME method was reached at 450 watts in 30 minutes. In nyamplung oil, TG levels increased from 75.99% to 83.46% and FFA levels decreased from 11.23% to 7.50% while in jatropha oil TG levels increased from 73.02% to 80.53% and FFA levels decreased from 11.89% to 11.65%.

Keywords: *Batchwise Solvent Extraction (BSE), Jatropha, Microwave Extraction (ME), Nyamplung, Triglyceride*

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan bagi seluruh alam, karena hanya dengan Rahmat dan Hidayah-Nya kami dapat mengerjakan dan menyelesaikan Skripsi dengan judul "Studi Komparatif Metode *Batchwise Solvent Extraction* Dan *Microwave Extraction* Untuk Pemurnian Bahan Baku Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Nyamplung Dan Jarak Pagar". Skripsi merupakan salah satu syarat mata kuliah yang harus ditempuh untuk memperoleh gelar Sarjana dari Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang dimasukkan ke dalam Sistem Kredit Semester (SKS) yang statusnya sama dengan mata kuliah yang harus ditempuh oleh para mahasiswa.

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan selama penyusunan proposal ini, terutama kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kami Rahmat dan Hidayah-Nya, serta kesempatan untuk dapat menyelesaikan Proposal Skripsi ini.
2. Bapak-Ibu, orang tua kami tercinta, yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis baik secara moril maupun materil, serta doa.
3. Bapak Juwari, ST., M.Eng., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Kimia FTI – ITS
4. Bapak Hakun Wirawasista Aparamarta, ST, M.MT, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah membimbing kami.
5. Tak lupa teman-teman dari Lab. Teknologi Biokimia, teman-teman LJ, serta teman-teman S-1 Teknik Kimia atas dorongan dan kerja sama yang baik.
6. Serta semua pihak yang telah membantu selama proses pengerjaan Skripsi ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Dengan menyadari keterbatasan ilmu kami, tentu proposal ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu, kami selaku penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca proposal ini. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya,
Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Lembar Pengesahan	
Abstrak Indonesia	i
Abstrak Inggris	iii
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	xi
BAB I PENDAHULUAN	
I.1. Latar Belakang	I-1
I.2. Rumusan Masalah	I-5
I.3. Batasan Penelitian	I-5
I.4. Tujuan Penelitian	I-5
I.5. Manfaat Penelitian	I-6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1. Nyamplung (<i>C. Inophyllum</i>)	II-2
II.2. Jarak Pagar (<i>Jatropha Curcas</i>)	II-5
II.3. Pemisahan dan Pemurnian Senyawa TG	II-6
II.3.1. Pemurnian secara Kimia	II-7
II.3.2. Pemurnian secara Fisika.....	II-10
II.3.3. <i>Batchwise Solvent Extraction</i>	II-11
II.4. Metode <i>Microwave Extraction</i>	II-11
II.5. Gelombang Mikro (<i>Microwave</i>)	II-13
II.6. Studi Hasil Penelitian Sebelumnya	II-14
BAB III METODOLOGI	
III.1. Alat dan Bahan	III-1
III.2. Variabel Penelitian	III-2
III.3. <i>Flowchart</i> Prosedur Penelitian	III-4
III.3.1. <i>Batchwise Solvent Extraction</i>	III-4
III.3.2. <i>Microwave Extraction</i>	III-5
III.3.3. Kombinasi <i>Microwave Extraction</i> – <i>Batchwise Solvent Extraction</i>	III-6

III.4. Analisa Penelitian	III-7
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1. Seleksi Metode	IV-3
IV.2. Metode <i>Batchwise Solvent Extraction</i>	IV-5
IV.2.1. Minyak Nyamplung	IV-8
IV.2.2. Minyak Jarak Pagar	IV-12
IV.3. Metode <i>Microwave Extraction</i>	IV-18
IV.3.1. Pengaruh Daya	IV-20
IV.3.2. Pengaruh Waktu	IV-23
IV.4. Komparasi Metode <i>Batchwise Solvent Extraction – Microwave Extraction</i>	IV-26
IV.4.1. Minyak Nyamplung	IV-28
IV.4.2. Minyak Jarak Pagar	IV-29
IV.5. Kombinasi <i>Batchwise Solvent Extraction – Microwave Extraction</i>	IV-16
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1. Kesimpulan	V-1
V.2. Saran	V-2
DAFTAR PUSTAKA	xii
APPENDIKS	xvi
RIWAYAT HIDUP PENULIS	xviii

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1.	Pohon nyamplung	II-3
Gambar II.2.	Penyebaran Nyamplung Di Indonesia	II-4
Gambar II.3.	Tahapan Pemurnian dari <i>Vegetable oil</i>	II-7
Gambar II.4.	a) Perbandingan Temperatur <i>Microwave</i> dengan Pemanasan Konvensional b) Kondisi <i>thermal</i> Pemanasan pada <i>Microwave</i> dan Pemanasan Konvensional	II-12
Gambar II.5.	<i>Fishbone Diagram</i> penelitian-penelitian terdahulu mengenai pembuatan biodiesel dari bahan baku alternatif	II-17
Gambar III.1.	Proses Pembuatan Bahan Baku Biodiesel .	III-1
Gambar III.2.	Alat <i>Microwave Extraction</i>	III-2
Gambar IV.1.	Analisa GC dan TLC pada nyamplung dan jarak pagar	IV-7
Gambar IV.2.	Waktu Pemisahan Setiap <i>Stage</i> Pada Minyak Nyamplung	IV-9
Gambar IV.3.	Hasil Pemisahan Minyak Nyamplung Dari <i>Stage</i> 1-10	IV-10
Gambar IV.4.	Kandungan senyawa TG dan FFA setiap <i>stage</i>	IV-11
Gambar IV.5.	Waktu Pemisahan Setiap <i>Stage</i> Pada Minyak Jarak Pagar	IV-14
Gambar IV.6.	Hasil Pemisahan Minyak Jarak Pagar Dari <i>Stage</i> 1-10.....	IV-15
Gambar IV.7.	Kandungan senyawa TG setiap <i>stage</i> pada minyak jarak pagar	IV-16
Gambar IV.8.	Kandungan senyawa FFA setiap <i>stage</i> pada minyak jarak pagar	IV-17
Gambar IV.9.	Analisa GC dan TLC pada nyamplung dan jarak pagar	IV-19

Gambar IV.10. Pengaruh Daya Pada Minyak Nyamplung	IV-21
Gambar IV.11. Pengaruh Daya Pada Minyak Jarak Pagar	IV-22
Gambar IV.12. Pengaruh Waktu Pada Minyak Nyamplung	IV-24
Gambar IV.13. Pengaruh Waktu Pada Minyak Jarak Pagar	IV-25

DAFTAR TABEL

Tabel I.1.	Cadangan dan Umur Sumber Energi Nasional	I-1
Tabel II.1.	Bahan baku untuk pembuatan Biodiesel dari tanaman <i>non edible oil</i>	II-1
Tabel II.2.	Produksi buah dan benih dari beberapa lokasi	II-5
Tabel II.3.	Perbandingan Antara Pemurnian Secara Kimia dan Fisika	II-9
Tabel II.4.	Energi dengan Jenis Radiasi Berbeda	II-14
Tabel III.1.	Variabel Penelitian <i>Bacthwise</i>	III-3
Tabel III.2.	Variabel Penelitian <i>Microwave</i> pada nyamplung.....	III-3
Tabel III.3.	Variabel Penelitian <i>Microwave</i> pada jarak pagar	III-4
Tabel IV.1.	Persentase Kemurnian Tiap Komponen Dalam Minyak Nyamplung	IV-2
Tabel IV.2.	Persentase Kemurnian Tiap Komponen Dalam Minyak Jarak Pagar	IV-3
Tabel IV.3.	Perbandingan Proses Separasi Komponen	IV-4
Tabel IV.4.	Perbandingan Hasil Pada Minyak Nyamplung	IV-28
Tabel IV.5.	Perbandingan Hasil Pada Minyak Jarak Pagar	IV-29

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Seiring dengan pertumbuhan ekonomi, penduduk, pengembangan wilayah dan pembangunan dari tahun ke tahun, kebutuhan akan pemenuhan energi dari semua sektor pengguna energi secara nasional juga semakin besar. Berdasarkan Buku Ketahanan Energi Indonesia (2014) menyatakan bahwa konsumsi BBM meningkat pesat dari tahun 2009 sekitar 167,2 ribu kiloliter/hari (kl/d) menjadi 197,4 ribu kl/d atau meningkat 18,1%. Dalam 5 tahun terjadi kenaikan konsumsi BBM sebesar 30,2 ribu kl/d. Peningkatan konsumsi BBM terutama premium dan solar disebabkan karena jumlah kendaraan yang setiap tahunnya mengalami peningkatan. Secara umum cadangan dan umur sumber daya energi *renewable* nasional adalah sebagai berikut:

Tabel I.1 Cadangan dan Umur Sumber Energi Nasional

Jenis Energi	Ketersediaan	Produksi	Sisa Umur (Tahun)
Minyak Bumi	4,7 milyar barel	1,126 juta barel/ hari	15
Gas Bumi	9,3 TSCF	2,6 TSCF/tahun	35
Batu Bara	4,968 milyar ton	81,4 juta ton/tahun	61

Sumber: *Statistical Review of World Energy*, 2005

Melihat ketersediaan minyak bumi yang semakin menurun dan tingkat konsumsi minyak nasional yang terus meningkat ditambah lagi dengan jumlah BBM yang diimpor oleh Indonesia lebih besar dibandingkan ekspor, sehingga diperlukan suatu alternatif sumber energi terbarukan demi tercapainya ketahanan energi nasional.

Potensi energi baru dan terbarukan sangat signifikan, Indonesia memiliki potensi sumber daya energi yang sangat bervariasi. Tercatat ada 75.091 MW panas bumi, 29.164 mini/mikrohidro dengan daya 769,69 MW, biogas 2,3 juta SBM, sampah kota 3.000 MW, tenaga surya 480 kwh/m²/day, tenaga angin 3-6 m/s dan bahan bakar nabati 161,5 juta SBM (Dirjen Energi Baru dan Terbarukan dan Konservasi Energi ESDM). Namun dalam pemanfaatannya, perlu memperhatikan konsep pembangunan berkelanjutan yang merupakan konsep pembangunan atas dasar penambahan nilai sumber daya. Oleh karena itu perlu dikembangkan pengembangan Bahan Bakar Nabati (BBN) yang merupakan kebijakan pemerintah melalui instruksi Presiden Nomor 1 tahun 2006 disertai Peraturan menteri ESDM No. 25 tahun 2013 tentang pemanfaatan BBN. Dalam Permen tersebut terdapat kewajiban untuk pemanfaatan BBN untuk BBM yang didistribusikan untuk memenuhi kebutuhan energi domestik seperti biodiesel. Akan tetapi, hingga kini masih belum terlihat perkembangan yang signifikan untuk bisa mensubstitusi bahan bakar dari nabati ini. Hal ini dikarenakan ada beberapa yang masih memakai bahan baku dari minyak nabati yang bisa digunakan untuk pangan (*edible oil*) seperti minyak sawit (*palm oil*), minyak kelapa (Sathivel, 2005). Pemakaian *edible oil* ini kedepannya akan membuat permasalahan baru seperti kompetisi antara makanan dengan energi, tanah dan air yang digunakan (Santacesaria, dkk, 2012; Kandedo, dkk, 2009). Hal ini menyebabkan adanya kekurangan pangan terutama di negara-negara berkembang dan masalah lingkungan akibat penggunaan lahan yang tersedia untuk menghasilkan tanaman *edible oil* ini (Atabani, dkk, 2013). Kompetisi ini jelas membuat bahan baku akan menjadi mahal. Padahal biaya pembuatan biodiesel secara keseluruhan dipengaruhi oleh bahan bakunya, hampir mencapai 80% (Kusdiana dan Saka, 2002; Demirbas, 2003; Du, dkk, 2004). Oleh karena itu pemakaian non edible oil

sebagai bahan baku pembuatan biodiesel akan semakin menarik kedepannya. Untuk pemilihan bahan baku ini yang mendasari adalah kandungan minyak (*oil content*) dan minyak yang dihasilkan pada tanaman tersebut (*oil yield*) agar bisa digunakan sebagai pembuatan biodiesel supaya biaya produksi bisa lebih murah (Gui, dkk, 2008). Kadar minyak ini biasanya dengan melihat kadar TG yang sebagian besar hampir terdapat dalam minyak. Aparamarta, dkk (2016) melaporkan kadar TG dalam *crude oil* nyamplung sebesar 78,3%. Sehingga dapat disimpulkan kenaikan kadar TG dalam bahan baku sangat signifikan dalam menghasilkan *yield* biodiesel.

Dalam pemilihan metode yang tepat dalam pembuatan bahan baku biodiesel ini, hal yang terpenting adalah bagaimana memisahkan dan mengisolasi TG dalam minyak dengan kadar kemurnian yang optimal dan menurunkan kadar FFA. Metode yang sudah ada yakni pemurnian secara kimia dengan tahap *degumming*, *neutralization*, *bleaching*, dan *deodorization*. Sedangkan pemurnian secara fisika tidak menggunakan tahap *neutralization*. Namun, metode ini melibatkan bahan kimia yang bisa berbahaya dalam penanganan dan merusak lingkungan. Oleh karena itu perlu dicarikan solusi metode yang mudah untuk diaplikasikan masyarakat untuk menurunkan FFA ini yang tidak merusak lingkungan. Salah satunya dengan cara *batchwise solvent extraction* seperti yang pernah digunakan oleh Gunawan, dkk (2008). Mereka berhasil memisahkan *Fatty Acid Steryl Ester* (FASE) dengan kadar dan *recovery* yang tinggi dengan menggunakan *binary solvent*. Akan tetapi produk yang dihasilkan memiliki kandungan TG sebesar 98,53% dan FFA 0,35%. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan metode *Microwave Extraction* pada proses pemurnian bahan baku biodiesel. *Microwave Extraction* atau ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro merupakan proses ekstraksi yang memanfaatkan energi yang ditimbulkan oleh gelombang mikro dengan frekuensi 0,30-

300 GHz dalam bentuk radiasi non-ionisasi elektromagnetik. Keuntungan *Microwave Extraction* yakni aplikasinya yang luas dalam mengekstrak berbagai senyawa termasuk senyawa yang labil terhadap panas. Selain itu, laju ekstraksi yang lebih tinggi, konsumsi pelarut yang lebih rendah, dan pengurangan waktu ekstraksi yang signifikan dibanding metode lainnya (Aliefa, dkk, 2015).

Selain itu apabila memakai bahan baku yang tidak bisa dimakan (*non edible oil*), akan menimbulkan permasalahan lingkungan karena terlalu memanfaatkan banyak lahan yang tersedia untuk menanam tanaman ini (Atabani, dkk, 2013). Permasalahan lainnya adalah tingginya *Free Fatty Acid* (FFA) dalam tanaman *non edible oil* ini. Seperti terlihat pada tanaman *Calophyllum Inophyllum* (nyamplung) sekitar 8,51% (Aparamarta, dkk, 2016). Padahal tingkat FFA yang diperbolehkan adalah kurang dari 1% untuk basa-katalis transesterifikasi (Ribeiro, dkk, 2011; Sharma, dkk, 2009) supaya tidak terjadi reaksi pembentukan sabun yang menyebabkan hasil biodiesel yang terbentuk akan berkurang (Freedman, dkk, 1984; Canakci & Gerpen, 1999; Tongurai, dkk, 2005). Maka dalam penelitian ini mempunyai tantangan yang besar dalam menggunakan minyak *non edible oil* sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dengan parameter dapat menurunkan FFA dan meningkatkan kemurnian TG.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji metode yang efektif untuk pemurnian bahan baku pembuatan biodiesel. Alternatif bahan baku yang dipilih berdasarkan parameter *oil content* dan *oil yield* tertinggi yaitu nyamplung (*C. inophyllum*) dan jarak pagar (*Jatropha curcas L.*). Sedangkan metode yang dipilih ada 2 yaitu *Batchwise solvent extraction* dan *Microwave Extraction*.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana perbandingan kemurnian bahan baku biodiesel yang dihasilkan dari metode *Batchwise solvent extraction* dan *Microwave extraction* pada bahan baku *crude* minyak nyamplung dan jarak pagar?
2. Bagaimana kondisi optimal pada metode *Batchwise solvent extraction* dan *Microwave extraction*?
3. Bagaimana ekuivalensi (keadaan sebanding) dari hasil yang didapat berdasarkan metode *Batchwise solvent extraction* dan *Microwave extraction*?
4. Apa metode yang paling optimal untuk meningkatkan TG dan menurunkan FFA?

I.3 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian ini antara lain :

1. Menggunakan bahan baku dengan *oil content* dan *oil yield* tertinggi dari tanaman *non edible oil* yaitu nyamplung dan jarak pagar.
2. Menggunakan metode *Batchwise solvent extraction* dan *Microwave extraction*.
3. Menggunakan parameter kemurnian Trigliserida (TG) dan *Free Fatty Acid* (FFA).

I.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Membandingkan kemurnian bahan baku biodiesel yang dihasilkan dari metode *Batchwise solvent extraction* dan *Microwave extraction* pada bahan baku *crude* minyak nyamplung dan jarak pagar.
2. Mengetahui kondisi optimal pada masing-masing metode dengan parameter kemurnian TG untuk minyak nyamplung dan jarak pagar.

3. Mengetahui ekuivalensi (keadaan sebanding) dari hasil yang didapat berdasarkan metode *Batchwise solvent extraction* dan *Microwave extraction*
4. Mengetahui metode yang paling optimal untuk meningkatkan TG dan menurunkan FFA

I.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Memberikan wawasan bagi penulis dan masyarakat mengenai pemanfaatan Biji Nyamplung dan jarak pagar sebagai energi alternatif.
2. Mengetahui metode yang paling optimal untuk mendapatkan bahan baku pembuatan biodiesel dengan tingkat kemurnian yang tinggi.
3. Mendukung program pemerintah dalam hal efisiensi energi, pengembangan energi alternatif dalam rangka mewujudkan ketahanan energi nasional
4. Dapat membantu mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil dan menggantinya dengan energi terbarukan.
5. Dapat digunakan sebagai referensi atau rujukan dalam produksi biodiesel dengan skala besar.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam pembuatan biodiesel, bahan baku adalah yang sangat berperan penting. Hal ini dikarenakan biaya pembuatan biodiesel secara keseluruhan dipengaruhi oleh bahan bakunya. Dimana harga bahan baku hampir mencapai 80% dari biaya (Kusdiana dan Saka, 2002; Demirbas, 2003; Du, dkk, 2004). Untuk pemilihan bahan baku ini yang mendasari adalah kandungan minyak (*oil content*) dan minyak yang dihasilkan pada tanaman tersebut (*oil yield*) agar bisa digunakan sebagai pembuatan biodiesel supaya biaya produksi bisa lebih murah. (Gui, dkk, 2008). Dalam *oil content* ini sebagian besar terdapat TG (Aparamarta, dkk, 2016).

Table II.1 Bahan baku untuk pembuatan Biodiesel dari tanaman *non edible oil*

<i>Feedstock</i> <i>Non Edible Oil</i>	<i>Source</i>	<i>Oil Content</i> (wt %)	<i>Yields</i> (Kg oil/ha)	<i>Cetane Number</i>	Referensi
<i>Annona squamosa</i>	<i>seed</i>	15-20	-	-	Wirawan, 2008
<i>Balanites aegyptiaca</i>	<i>kernel</i>	36-47	-	-	Chapagain, dkk, 2009
<i>C. inophyllum</i>	<i>seed</i>	78,3	4680	57	Aparamarta, 2016; Singh, 2010
<i>Croton tiglium</i>	<i>seed</i>	30-45	-	-	Azamm, dkk, 2005
<i>Cuphea</i>	<i>seed</i>	20-38	900	-	Berti & Johnson, 2005

<i>Crotalaria retusa L.</i>	seed	15	-	-	Umerie, dkk, 2010
<i>Garcinia indica</i>	seed	45.5	-	-	No SY, 2011
<i>Guizotia abyssinica L. (niger)</i>	seed	50-60	200-300	-	Umerie, dkk, 2010
<i>Jatropha curcas L.</i>	seed	20-60	1590	33,7-51	Sahoo, dkk, 2007
<i>Madhuca indica</i>	seed	35-50	-	-	Azamm, dkk, 2005
<i>Melia azedarach</i>	seed	10-45	-	-	Jean, 2011

II.1 Nyamplung (*C. Inophyllum*)

Indonesia sangat kaya akan keanekaragaman hayati yang terdiri atas flora dan fauna. Salah satu flora jenis pohon yang hidup dan banyak ditemui di Indonesia terutama di kawasan pesisir adalah nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) atau yang disebut bintangur. Tanaman nyamplung tersebar diberbagai daerah di Indonesia mulai dari Sumatra hingga Papua. Luasnya mencapai 255,35 ribu ha (Balitbang Kehutanan, 2008). Produksi tanaman nyamplung tiap tahun mencapai 100 kg biji/pohon. Berdasarkan beberapa penelitian yang dilakukan untuk setiap 1 kg biji nyamplung yang sudah tua bisa menghasilkan 0,5 L minyak nyamplung.

Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) adalah tanaman serbaguna yang termasuk keluarga *Clusiaceae*. Tanaman ini memiliki beberapa asal termasuk Afrika Timur, India, Asia Tenggara dan Australia. *Calophyllum inophyllum* dikenal dengan berbagai nama di seluruh dunia seperti *polanga* dan *honne*. Kecepatan tumbuh dari pohon nyamplung adalah 1 m (3,3 ft) per tahun pada tempat yang baik. Daunnya berat dan mengkilap,

panjangnya 10-20 cm (4-8 in) dan lebarnya 6-9 cm (2,4-3,6 in). Berwarna hijau ketika muda dan hijau gelap ketika tua. Biji nyamplung berbentuk bulat dan tumbuh secara berkelompok. Biji ini pada awalnya berwarna merah muda kehijauan dan akan beralih menjadi hijau terang saat masak, setelah itu menjadi abu-abu gelap kecoklatan dan berkerut. Hasil panen pohon nyamplung sekitar 100-200 buah/pohon. Hasil minyak per unit lahan telah dilaporkan sebesar 2000 kg/ha. Minyak biji nyamplung berwarna hijau, kental, dan berbau kacang-kacangan. Biji nyamplung memiliki kandungan minyak yang sangat tinggi (65-75%) (Atabani, dkk, 2013).

Calophyllum inophyllum tumbuh di area dengan curah hujan 1000-5000 mm pertahun pada ketinggian 0-200 m diatas permukaan laut. Tanaman nyamplung berpotensi digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dikarenakan kadar minyak yang tinggi pada biji (40-73 % (w/w)), serta merupakan *non-edible oil* sehingga tidak bersaing dengan kebutuhan pangan.



Gambar II.1 Pohon nyamplung

Ada banyak keuntungan menggunakan Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) sebagai bahan baku biodiesel. Beberapa keuntungan tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Calophyllum inophyllum* memiliki potensi kelangsungan hidup yang tinggi di alam, masih produktif hingga 50 tahun.
2. Tidak bersaing dengan tanaman pangan.
3. Pohon-pohon yang dapat digunakan sebagai pemecah angin (*wind breaker*) di tepi pantai di mana ia bisa mengurangi abrasi, melindungi tanaman dan memberikan ekowisata dan konservasi di kawasan pesisir.

Adapun peta penyebaran tanaman nyamplung di Indonesia :



Gambar II.2 Penyebaran Nyamplung Di Indonesia

Namun, informasi potensi produksi buah nyamplung dari tegalan alam relatif masih sedikit, namun sebagai gambaran produksi buah per pohon dari beberapa lokasi di Indonesia disajikan pada Tabel II.2. Dengan tersebarnya tanaman nyamplung di Indonesia maka tanaman ini potensial digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan biodiesel.

Tabel II.2 Produksi buah dan benih dari beberapa lokasi

No	Lokasi	Produksi buah (kg/phn/thn)	Produksi biji (kg/phn/thn)
1	Batukaras, Ciamis ¹⁾	60-110	40-80
2	Blok Segara Anakan, TN Alas Purwo, Banyuwangi ²⁾	220	150
3	Pantai Ketawang, KPH Purworejo ³⁾	70-150	50-100
4	Yapen, Papua ¹⁾	130	90

Sumber : 1) Hasil Penelitian oleh BPK Ciamis dan BPK Manokwari

2) Perum Perhutani KPH Purworejo, dan

3) Keragaman yang terjadi karena perbedaan umur dan lokasi

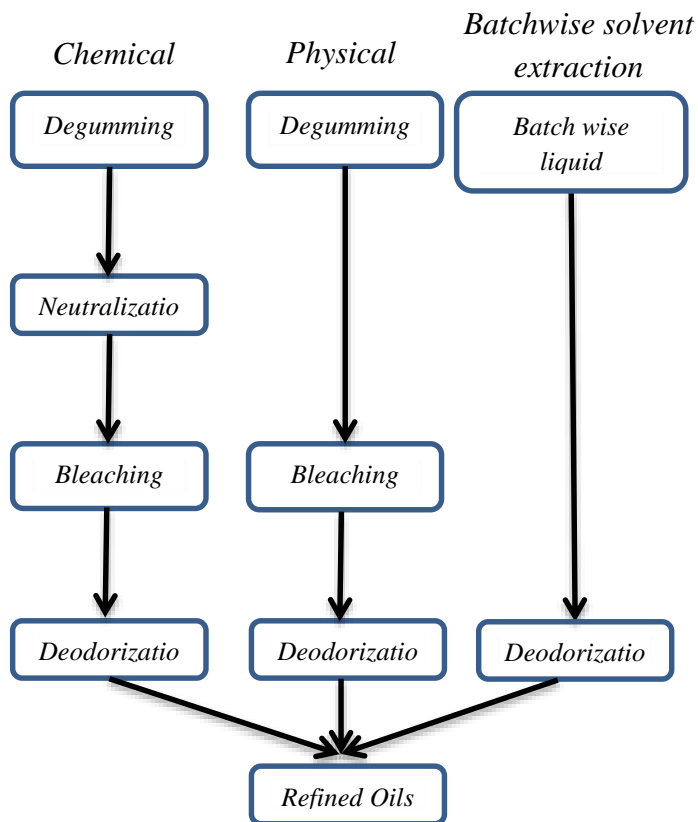
II.2 Jarak Pagar (*Jatropha Curcas*)

Jatropha curcas L. biasanya tumbuh sebagai pohon kecil atau lebih dikenal semak besar yang tumbuh liar dan termasuk dari keluarga *Euphorbiaceae* (Kibazohi & Sangwan, 2001). Tanaman yang memiliki ketinggian 5-7 m ini mampu tumbuh pada lahan tandus dan bisa bertahan pada kondisi kekeringan (Kumar & Sharma, 2011). Ini adalah tanaman tropis yang mampu berkembang di sejumlah zona iklim dengan curah hujan 250-1200 tanaman mm. Tanaman ini berasal dari luar negeri yakni dari negara Meksiko, Amerika Tengah, Afrika, India, Brazil, Bolivia, Peru, Argentina dan Paraguay (Kumar & Sharma, 2011). Jarak pagar juga mampu beradaptasi pada kondisi kering dan semi-kering. Selain itu juga dapat tumbuh pada daerah yang kurang subur dan kelembapan yang rendah (Atabani, dkk, 2014). Kepadatan ideal untuk tumbuh tanaman ini per hektar adalah

2500. Jarak pagar dapat menghasilkan biji (*seed*) setelah berumur 12 bulan dan mencapai produktivitas maksimum setelah berusia 5 tahun. Usia tanaman ini berkisar antara 30-50 tahun. Biji yang dihasilkan berkisar antara 0,1 ton/ha/tahun sampai dengan 8 ton/ha/tahun bergantung pada kondisi tanah (Kibazohi & Sangwan, 2001). Bergantung pada varietas dari jarak pagar, biji dari *Jatropha* mengandung 43-59% minyak (No SY, 2011).

II.3 Pemisahan dan Pemurnian Senyawa TG

Tujuan dari pemisahan dan pemurnian ini adalah mengkonversi *crude oil* dimana mengandung tingkat keasaman dan pengotor yang tinggi menjadi biodiesel. Selain itu juga berfungsi menghilangkan kontaminan seperti pestisida dan *solvent*. Biasanya khususnya pemurnian ini membutuhkan beberapa tahap yang digunakan untuk menghilangkan komponen yang tidak diinginkan dalam minyak.



Gambar II.3 Tahapan Pemurnian dari *Vegetable oil*

II.3.1 Pemurnian secara Kimia

Pemurnian secara kimia memiliki beberapa tahap yakni *degumming*, *neutralization*, *bleaching*, dan *deodorization* yang bisa dilihat pada Gambar II.3. Rangkuman dari penelitian sebelumnya yang memakai metode ini bisa dilihat pada Table II.3.

Degumming

Langkah pertama kali adalah *degumming*. Tujuan dari langkah ini adalah menghilangkan partikel yang ada pada biji (*seed particles*), impuritas, getah dan sebagian besar *phosphatides*, *carbohydrates*, *proteins* dan *metals* (Carr, 1976). Untuk *degumming* dengan suasana asam, akan mereduksi kalsium dan magnesium sebesar 88% dan 90% (Zufarov, dkk, 2008). Selain itu juga mereduksi kandungan besi dan *fatty acid*. Besi dapat direduksi dari 4,4 menjadi 3,3 ppm (Karaali, 1985). Sedangkan *fatty acid* dapat dikurangi kandungannya dari 1,24 menjadi 0,23 % berat (Kreps, dkk, 2014). *Degumming* juga efektif untuk mengurangi kadar molekul yang tidak diinginkan dalam minyak seperti *tocopherols*.

Neutralization

Langkah *neutralization* ini berguna untuk mengurangi kadar FFA, residual protein, *phosphatides*, *carbohydrates*, *traces of metals* dan sebagian dari pigmen. Mallah, dkk (2011) menggunakan metode ini untuk memurnikan *crude* minyak dari biji *cotton*. Pada langkah *neutralization* kandungan minyak meningkat dari 96,0% menjadi 96,4%. Kenaikan ini disebabkan oleh berkurangnya kadar FFA dan *diglyceride* (DG). FFA berkurang dari 1,0 menjadi 0,1 % berat. Sedangkan DG berkurang dari 2,9 menjadi 2,5 % berat.

Bleaching

Tujuan dari langkah ini adalah mereduksi level dari pigmen seperti *carotenoids* dan *chlorophyll*. Selain itu juga mereduksi *phosphatides*, *soaps*, *traces of metals*, *oxidation products*, dan protein. Karena apabila senyawa tersebut tidak direduksi akan menyebabkan berkurangnya kualitas dari minyak yang dihasilkan. *Bleaching* tidak mengurangi kadar FFA di minyak bunga matahari (Kreps, dkk, 2014). Mallah, dkk (2011) melaporkan

kandungan minyak meningkat dari 96,4% menjadi 96,7% dalam langkah ini. Komponen lainnya seperti FFA dan DG akan berkurang sebagai konsekuensi meningkatnya kadar minyak. FFA berkurang dari 0,1 menjadi 0,03% berat. Sedangkan DG berkurang dari 2,5 menjadi 2,4% berat.

Deodorization

Langkah terakhir adalah *deodorization*. Dalam langkah ini, komponen yang relatif seperti FFA yang akan meningkatkan *undesirable flavors, colors* dan *odors* dalam lemak dan minyak dihilangkan (Akterian, 2009). *Deodorization* ini memperbaiki rasa, odor, flavor, warna dan stabilitas dari minyak. Gotor & Razi (2016) menggunakan metode ini untuk menghilangkan kontaminan seperti pestisida dan *solvent* serta komponen lainnya seperti *tochoperol* yang bisa menghambat proses dan dapat menurunkan kualitas dari produk yang dihasilkan. Kadar total *tocopherol* berkurang secara gradual dari 5,85 ke 3,6%. Sedangkan kadar minyak naik secara signifikan dari 96,7 ke 99,36% (Mallah, dkk, 2011).

Table II.3 Perbandingan Antara Pemurnian Secara Kimia dan Fisika

Jenis	Metode	Hasil	Referensi
<i>Cotton seed Oil</i>	Pemurnian secara kimia	<ul style="list-style-type: none"> • Kandungan minyak meningkat dari 96,0 ke 99,36% berat • Kandungan DG, MG, FFA menurun dari 2,9 ke 0,5% ; 0,1 ke 0,08% dan 1 ke 0,06% 	Mallah , dkk, 2011

<i>Nyamplung oil</i>	<i>Batchwise solvent-solvent extraction</i>	Kandungan minyak meningkat dari 78,3 ke 98,53% berat	Aparamarta, dkk, 2016
<i>Sunflower oil</i>	Pemurnian secara kimia	14-34% hilang dari total <i>tocopherols</i>	Alpaslan, dkk, 2001; Talal, dkk, 2013; Ergönül and Köseoğlu, 2014
<i>Sunflower oil</i>	Pemurnian secara kimia	60,3% hilang dari total <i>phytosterols</i>	Karaali, 1985; Nergiz & Çelikkale, 2011
<i>Sunflower oil</i>	Pemurnian secara fisika	ND hilang dari <i>phytosterols</i>	Tasan & Demirci, 2005; Kreps, dkk, 2014
<i>Sunflower oil</i>	Pemurnian secara fisika	24,6-54,8% hilang dari total <i>tocopherols</i>	Tasan & Demirci, 2005; Kreps, dkk, 2014

II.3.2 Pemurnian secara Fisika

Perbedaan pemurnian secara fisika dengan pemurnian secara kimia hanya pada tidak adanya step *neutralization*. Setelah *degumming* langsung ke tahap *bleaching*. Alpaslan, dkk (2001) menggunakan metode ini untuk menurunkan total *tochopherols* di *crude oil* bunga matahari. Metode ini terbukti berhasil dengan signifikan mereduksi kandungan total *tocopherol* lebih baik dari pemurnian secara kimia. Total *tocopherols* yang hilang selama pemurnian secara fisika bervariasi dari 24,6 sampai 54,8%

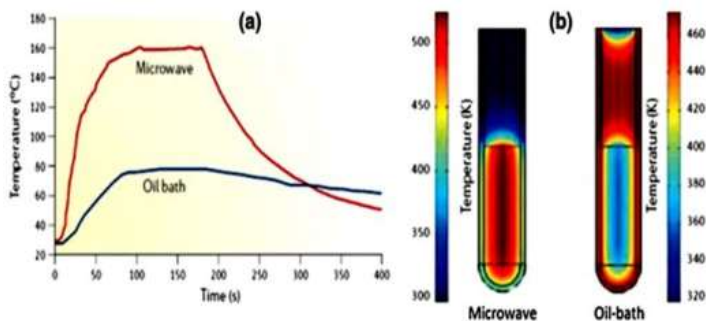
dengan rata-rata yang hilang 41% berat (Alpaslan, dkk, 2001; Tasan & Demirci, 2005; Kreps, dkk, 2014).

II.3.3 *Batchwise Solvent Extraction*

Metode ini dilakukan untuk menghilangkan pengotor sekaligus memurnikan dan memisahkan antara fraksi polar dan non polar yang masih ada dalam *crude* ekstrak dengan menggunakan prinsip perbedaan polaritas. *Crude* ekstrak yang diperoleh dari metode ekstraksi dicampurkan dengan pelarut polar dan non polar. Larutan kemudian akan terpisah menjadi dua *layer* dimana dibagian atasnya merupakan *Non Polar Lipid Fraction* (NPLF) yang kaya akan TG sedangkan layer bawah disebut *Polar Lipid Fraction* (PLF) yang kaya akan senyawa bioaktif. Aparamarta, dkk (2016) menggunakan metode ini untuk memurnikan minyak nyamplung. Kemurnian TG dengan metode *batchwise solvent extraction* berhasil ditingkatkan mulai dari 70,8 menjadi 98,53% berat.

II.4 *Metode Microwave Extraction*

Microwave Extraction atau ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro merupakan proses ekstraksi yang memanfaatkan energi yang ditimbulkan oleh gelombang mikro dengan frekuensi 0,30-300 GHz dalam bentuk radiasi non ionisasi elektromagnetik. Kelebihan *Microwave Extraction* yakni aplikasinya yang luas dalam mengekstrak berbagai senyawa termasuk senyawa yang labil terhadap panas. Selain itu, laju ekstraksi yang lebih tinggi, konsumsi pelarut yang lebih rendah dan pengurangan waktu ekstraksi yang signifikan dibanding ekstraksi konvensional (Aliefa, dkk, 2015).



Gambar II.4 a) Perbandingan Temperatur *Microwave* dengan Pemanasan Konvensional b) Kondisi *thermal* Pemanasan pada *Microwave* dan Pemanasan Konvensional

Microwave Extraction merupakan teknologi untuk mengekstrak material organik dengan memperhatikan alternatif yang penting dalam teknik ekstraksi karena dapat bermanfaat untuk mengurangi waktu ekstraksi dan penggunaan *solvent*, selektivitas, pemanasan volumetrik, dan proses pemanasan yang terkontrol. Sebagai tambahan, untuk mengurangi waktu ekstraksi, penggunaan pelarut dan konsumsi energi, proses ini menunjukkan lebih banyak keuntungan seperti lebih efektif dalam proses pemanasan, transfer energi yang lebih cepat, ukuran peralatan yang tidak terlalu besar, serta laju pemanasan yang lebih cepat dan peningkatan *yield* (Gabriel, dkk, 2013).

Keunggulan dalam pemilihan *microwave* sebagai media pemanas karena *microwave* bisa bekerja cepat dan efisien. Hal ini dikarenakan adanya gelombang elektromagnetik yang bisa menembus bahan dan mengeksitasi molekul-molekul bahan secara merata. Gelombang pada frekuensi 2500 MHz (2,5 GHz) ini diserap bahan. Saat diserap, atom-atom akan tereksitasi dan menghasilkan panas. Proses ini tidak membutuhkan konduksi panas seperti oven biasa. Maka dari itu, prosesnya bisa dilakukan

sangat cepat. Disamping itu, gelombang mikro pada frekuensi ini diserap oleh bahan gelas, keramik, dan sebagian jenis plastik. Pemanasan dengan gelombang mikro lebih merata karena bukan mentransfer panas dari luar tetapi membangkitkan panas dari dalam bahan tersebut. Pemanasannya juga dapat bersifat selektif artinya tergantung dari dielektrik properties bahan. Hal ini akan menghemat energi untuk pemanasan. Selain itu waktu reaksi pemanasan dengan gelombang mikro jauh lebih cepat jika dibandingkan dengan waktu reaksi pemanasan konvensional. Pemanasan dengan *microwave* memiliki panas yang hilang lebih kecil dibandingkan dengan pemanasan konvensional. Hal ini menandakan bahwa efisiensi energi pemanasan menggunakan *microwave* lebih besar dibandingkan pemanasan konvensional.

II.5 Gelombang Mikro (*Microwave*)

Gelombang mikro atau mikro gelombang (*microwave*) adalah gelombang elektromagnetik dengan frekuensi super tinggi (*Super High Frequency*, SHF), yaitu diatas 3GHz (3×10^9 Hz). Sebenarnya gelombang ini merupakan gelombang radio, tetapi panjang gelombangnya lebih kecil dari gelombang radio biasa. Panjang gelombangnya termasuk *ultrashort* (sangat pendek) sehingga disebut juga mikro. Dari sinilah lahir istilah *microwave*. Gelombang mikro berada pada frekuensi 2.500 MHz (2,5 GHz) ini diserap oleh air, lemak, dan gula. Saat diserap, atom tereksitasi dan menghasilkan panas. Proses ini tidak memerlukan konduksi panas seperti oven biasa. Karena itulah prosesnya bisa dilakukan sangat cepat. Hebatnya lagi, gelombang mikro pada frekuensi ini tidak diserap oleh bahan-bahan gelas, keramik, dan sebagian jenis plastik. Bahan logam bahkan memantulkan gelombang ini

Tabel II.4 Energi dengan Jenis Radiasi Berbeda

Radiasi	Frekuensi (Hz)	Energi (eV)
Gamma	3.0×10^{20}	1.24×10^6
X	3.0×10^{19}	1.24×10^6
Ultraviolet	1.0×10^{15}	4.1
Visible	6.0×10^{14}	2.5
Infrared	3.0×10^{12}	0.012
Microwave	2.45×10^9	0.0016
Radio frekuensi	1.0×10^6	4.0×10^{-9}

Sumber: R.O.M.A. De Souza, 2015

Pemanasan dielektrik terjadi melalui dua fenomena utama, yaitu polarisasi dipolar dan konduksi ionik. Polarisasi dipolar dihasilkan ketika *dipole* atau beban dalam molekul cair berusaha untuk menyesuaikan diri dengan elektromagnetik lapangan yang disebabkan oleh MW iradiasi. Hal ini menyebabkan gesekan *dipole* dan tabrakan sehingga menghasilkan pemanasan dielektrik. Dalam konduksi ionik, ion molekul akan bergerak dibawah pengaruh medan elektromagnetik yang berubah dan memberikan panas dari tingkat tabrakan cepat pada tingkat molekuler.

Efek dari Daya Gelombang Mikro

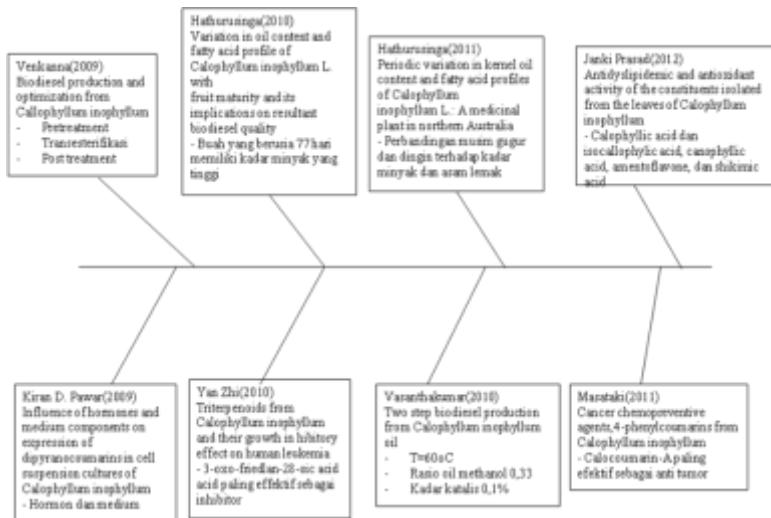
Semakin tinggi daya gelombang mikro, maka semakin tinggi hasil yang diperoleh. Fenomena ini menyebabkan kenaikan daya yang lebih tinggi pada energi yang lebih tinggi yang dipancarkan dari gelombang mikro untuk mengaktifkan *water cells* sehingga sel dapat melepaskan minyak esensial lainnya (Liang, dkk, 2008). Namun, jika daya terlalu tinggi, maka bisa merusak dan menurunkan minyak esensial, sehingga hanya sedikit minyak esensial yang bisa diperoleh. Bahkan jika *yield* meningkat, maka kualitas minyak akan di bawah standar (Kusuma, dkk, 2016).

II.6 Studi Hasil Penelitian Sebelumnya

Penelitian-penelitian tentang pembuatan biodiesel dari beberapa bahan baku alternatif diantaranya:

1. **B.K. Venkanna dan C. Venkataramana Reddy (2009)** melakukan penelitian tentang *Biodiesel Production and optimization from Canophyllum inophyllum linn oil (honne oil) - Three stages method*. Pada penelitian ini dilakukan 3 tahap untuk mendapatkan biodiesel. Tahap pertama adalah proses *pretreatment*. Pada tahap ini, minyak *honne* dengan kandungan FFA tinggi diubah menjadi trigliserida menggunakan *methanol* dengan katalis asam sulfat. Reaksi ini dilakukan pada suhu 60°C selama 120 menit. Tahap kedua adalah proses transesterifikasi, larutan *alkali methoxide* ditambahkan pada produk yang telah dipanaskan dan dilakukan pengadukan dengan *mechanical stirrer*. Produk dibiarkan selama 8 jam di corong pemisah. Produk dari reaksi transesterifikasi menghasilkan 2 lapisan. Lapisan atas mengandung campuran minyak yang tidak bereaksi, gliserol, dan ester. Lapisan bawah mengandung gliserol, lapisan bawah dibuang. Tahap ketiga adalah *post treatment*, lapisan atas dari proses transesterifikasi dicampur dengan *petroleum ether* lalu dipanaskan hingga 65°C. Biodiesel dicampur dengan air pada suhu 60°C. Kemudian, campuran dibiarkan selama 8 jam, dilakukan pencucian dan dipanaskan hingga 110°C selama 10 menit. Dari hasil penelitian didapat kesimpulan bahwa esterifikasi asam dengan 0,5 ml asam sulfat pada suhu 60°C selama 120 menit dengan perbandingan *methanol*:minyak sebesar 4:1 memberikan konversi maksimum dari FFA menjadi trigliserida. Nilai asam berkurang dari 4,76 menjadi 1,64 mg KOH/g. Kondisi optimum dari transesterifikasi basa terjadi pada perbandingan molar 8:1, 1,25% KOH pada suhu 60°C dan waktu reaksi 120 menit.

2. **Vasanthakumar Sathya Selvabala, dkk (2010)** melakukan penelitian tentang *Two-step biodiesel production from Calophyllum inophyllum oil: Optimization of modified β -zeolite catalyzed pre-treatment*. Peneliti dari India meneliti minyak *C. inophyllum* dan mengembangkan proses pembuatan biodiesel dengan dua langkah yaitu pre-treatment menggunakan *P β /phosphoric acid modified β -zeolite* untuk mereaksikan FFA yang tinggi dalam minyak menjadi fame diikuti dengan proses transesterifikasi trigliserida menjadi biodiesel menggunakan katalis basa. Katalis disiapkan dengan menggunakan 2,25 g β -zeolite dalam 25 mL *double distilled water* dicampur dengan 0,75g asam fosfat. Campuran diaduk pada suhu ruang (20-25°C) selama 12 jam, lalu diuapkan dan dikeringkan dalam oven pada 120 °C. Hasilnya, katalis yang dipropose memiliki konversi yang lebih baik daripada β -zeolite dan waktu reaksi yang lebih singkat untuk mencapai konversi yang sama dengan *p-modernite zeolite*. Katalis juga dapat digunakan berulang kali. Kondisi operasi optimum yang diperoleh pada proses ini adalah dengan T=60°C, *oil to methanol ratio* 0,33 dan kadar katalis 0,1%. Produk memiliki *property fuel* yang baik dan masih berada dalam batasan standar ASTM.



Gambar II.5 Fishbone Diagram penelitian-penelitian terdahulu mengenai pembuatan biodiesel dari bahan baku alternatif

3. **Hathurusingha, dkk (2010)** meneliti variasi kadar minyak dan profil asam lemak dari *C. inophyllum* terhadap pertumbuhan buah nyamplung. Seperti yang diketahui, properti biodiesel sangat bergantung pada kadar asam lemak bebas dalam *feedstock*. Penelitian yang dilakukan menunjukkan peningkatan kadar minyak dalam buah yang stabil. Sedangkan kadar asam *palmitic* relatif konstan hingga 48 hari sejak *anthesis*, kemudian menurun secara signifikan. Kadar asam *stearic* menunjukkan peningkatan yang marginal selama 28-58 hari sejak *anthesis*, kemudian mulai menurun setelahnya. Kadar asam *oleic* terus meningkat sejak *anthesis*, sedangkan kadar asam *linoleat* mengalami penurunan selama 28-48 hari sejak *anthesis*, tetapi meningkat secara signifikan setelahnya. Kadar asam

lemak jenuh secara keseluruhan berkurang seiring dengan bertambahnya usia buah, berbanding terbalik dengan kadar asam lemak tak jenuh. Asam lemak tak jenuh, dalam batasan tertentu, akan membantu menjaga minyak dalam bentuk *liquid*. Dari penelitian didapat bahwa *cetane number optimum* untuk biodiesel didapat dengan menggunakan buah yang diambil 48 hari setelah *anthesis*. Akan tetapi, ada peningkatan jumlah minyak yang signifikan antara 48 dan 77 hari setelah *anthesis*. Buah yang berusia 77 hari memiliki profil asam lemak yang masih memenuhi ASTM dan kadar minyak yang lebih tinggi, sehingga usia 77 hari dapat diusulkan sebagai waktu panen.

4. **Hathurusingha, dkk (2011)** meneliti efek periodik terhadap kadar minyak dan asam lemak dalam nyamplung. Pada penelitiannya, buah yang digunakan dipanen pada 2 musim panen di Australia, yaitu musim gugur dan musim dingin di tiga kota berbeda di Northern Queensland. Curah hujan dan suhu lingkungan merupakan faktor utama variasi kadar minyak dan asam lemak pada penelitian ini. Buah nyamplung menunjukkan variasi yang signifikan terhadap dua factor ini dan akan mempengaruhi kualitas biodiesel yang dihasilkan. Suhu tinggi pada tahap pembentukan buah akan meningkatkan kadar minyak dan asam lemak jenuh, sedangkan curah hujan rata-rata tahunan yang lebih tinggi dan suhu rendah menurunkan kadar minyak dan meningkatkan kadar asam lemak tak jenuh. Meskipun dari penelitian ini didapat bahwa buah pada musim gugur memiliki profil asam lemak terbaik untuk dijadikan biodiesel, biodiesel hasil dari buah yang dipanen pada musim dingin masih berada dalam batasan standar ASTM

5. **Rahayu Wilujeng dan Ayyu Fityatin** (Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS, 2011) melakukan penelitian tentang pembuatan biodiesel dengan memanfaatkan *microwave* dengan proses secara kontinyu. Dari penelitian tersebut didapat bahwa dihasilkan kualitas yield biodiesel terbaik pada daya *microwave* sebesar 400 watt yaitu 91,77%. Sedangkan rate aliran bawah paling efektif adalah sebesar 0,267ml/s, dimana dihasilkan yield maksimum dengan nilai yang memenuhi SNI.
6. **Astsari Abdul Majid, dkk (2012)** melakukan penelitian tentang pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan menggunakan iradiasi *microwave*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh daya dan waktu reaksi dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah menggunakan iradiasi gelombang mikro. Dari penelitian diketahui bahwa kondisi operasi untuk menghasilkan kualitas yield biodiesel terbaik pada daya *microwave* sebesar 100 watt dan waktu pemanasan selama 10 menit. Yield biodiesel yang didapatkan sebesar 93,06%. Sifat fisika biodiesel yang dihasilkan sudah memenuhi beberapa kriteria SNI untuk biodiesel.

BAB III METODOLOGI

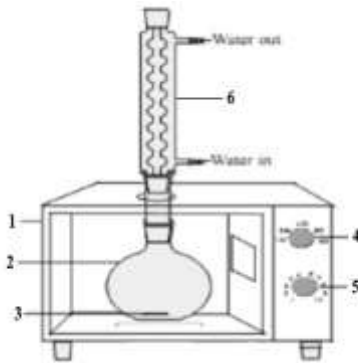


Gambar III.1 Proses Pembuatan Bahan Baku Biodiesel

Pembuatan biodiesel secara umum terdiri dari tiga proses utama yaitu persiapan bahan baku (*pre-treatment*), proses ekstraksi, dan proses pemurnian. Pada proses ekstraksi menghasilkan *Crude Oil* yang merupakan bahan baku dalam pembuatan biodiesel. Pada penelitian ini berfokus pada proses pemurnian (purification) *Crude Oil* sehingga didapatkan kadar TG yang tinggi dan kadar FFA yang paling rendah.

III.1 Alat dan Bahan

Tahapan ini sebagai awal dari realisasi penelitian yaitu dengan menyiapkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yakni minyak *Crude C. inophyllum*, minyak jarak pagar, methanol, petroluem ether (PE). Alat yang digunakan dalam penelitian adalah erlenmeyer, *Thin layer chromatography* (TLC), labu *stopper termat* 100 mL, kompor listrik, gelas beaker, *magnetic strearer*, gelas ukur, corong pemisah, neraca analitik, termometer, *stopwatch*, *microwave*.



Keterangan :

1. *Microwave Oven*
2. *Reactor*
3. Bahan Baku
4. *Power Setting*
5. *Time Setting*
6. *Condensor*

Gambar III.2 *Alat Microwave Extraction*

III.2 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini kami menggunakan variabel adalah *Crude Calophyllum inophyllum oil* (CCIO) dan Jarak Pagar dengan pelarut methanol dan petroleum ether (PE). Adapun dalam pemilihan *solvent* berdasarkan hasil penelitian sebelumnya. Menurut Aparmarta, dkk (2016) pelarut yang paling baik digunakan adalah petroleum ether (PE) dan methanol dengan perbandingan petroleum ether : methanol adalah 75 : 25 atau 3 : 1.

Sedangkan variabel pembanding yang digunakan pada penelitian ini yaitu pada perlakuan bahan baku atau metode yang digunakan. Ada 2 metode yang digunakan yaitu proses *batchwise* dan proses *microwave*.

Tabel III.1 Variabel Penelitian *Bacthwise*

No	Variabel	Perbandingan <i>Crude : Solvent</i>	Perbandingan PE : ME
1	<i>Crude</i> Nyamplung (40 gr)	1 : 5	3 : 1
2	<i>Crude</i> Jarak Pagar (40 gr)	1 : 5	3 : 1

Tabel III.2 Variabel Penelitian *Microwave* pada nyamplung

No	Variabel	Daya (Watt)	Waktu Ekstraksi (Menit)
1	<i>Crude</i> nyamplung (40 gr)	150	30
			60
			90
2	<i>Crude</i> nyamplung (40 gr)	300	30
			60
			90
3	<i>Crude</i> nyamplung (40 gr)	450	30
			60
			90
4	<i>Crude</i> nyamplung (40 gr)	600	30
			60
			90

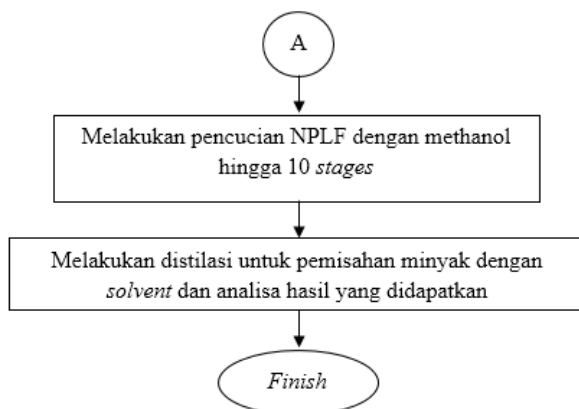
Tabel III.3 Variabel Penelitian *Microwave* pada jarak pagar

No	Variabel	Daya (Watt)	Waktu Ekstraksi (Menit)
1	<i>Crude</i> jarak pagar (40 gr)	150	30
			60
			90
2	<i>Crude</i> jarak pagar (40 gr)	300	30
			60
			90
3	<i>Crude</i> jarak pagar (40 gr)	450	30
			60
			90
4	<i>Crude</i> jarak pagar (40 gr)	600	30
			60
			90

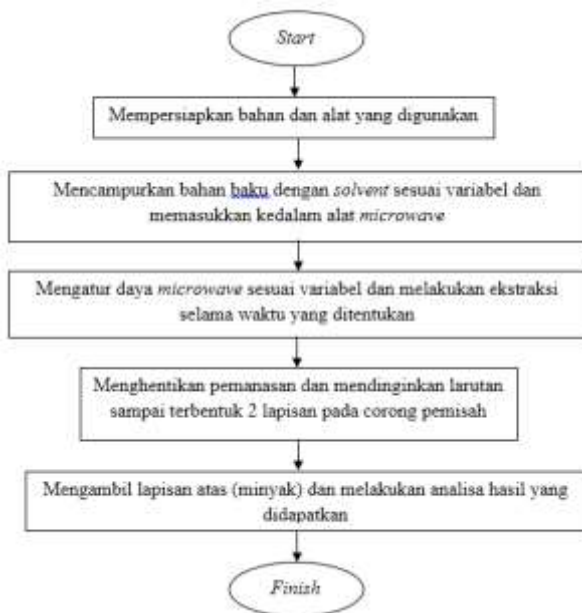
III.3 Flowchart Prosedur Penelitian

III.3.1 Batchwise Solvent Extraction





III.3.2 Microwave Extraction



III.4 Analisa Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan 2 metode analisa, yaitu analisa TLC (*Thin layer chromatography*) dan analisa GC (*Gas Chromatography*). Analisa dilakukan di Laboratorium Teknologi Biokimia, Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Analisa kualitatif kandungan trigliserida dan *free fatty acid* dalam minyak nyamplung dan jarak pagar menggunakan *Thin Layer Chromatography* (TLC) *plate*. Kertas TLC mula-mula ditetesi sampel dan direndam dalam *mobile phase* dengan kadar n-hexane : etil asetat : asam asetat sebesar 90:10:1 dengan menggunakan perbandingan volume. Pada saat perendaman tidak diperkenankan tinggi *mobile phase* melebihi area yang telah ditentukan pada kertas TLC. Perendaman dengan *mobile phase* dilakukan dalam botol tertutup rapat dan kertas TLC dikeringkan pada suhu ruangan. Setelah kering, selanjutnya kertas TLC dimasukkan ke dalam campuran iodin dan *silica gel* (1/4 sendok teh iodin dan 2 sendok makan *silica gel*) selama ± 30 menit. Pada pembacaan di kertas TLC menggunakan lampu UV, yaitu dengan cara menyinari kertas TLC yang telah direndam dalam *mobile phase* menggunakan lampu UV gelombang 365 nm.

Analisa kuantitatif kandungan trigliserida dan *free fatty acid* dalam minyak nyamplung dan jarak pagar menggunakan *Gas Chromatography* (GC). Analisa ini dilakukan pada Shimadzu GC-2010 *Gas Chromatography* (Kyoto, Japan) yang dilengkapi dengan *flame ionization detector*. Separasi dilakukan dengan menggunakan kolom DB-5HT (5%-phenyl)-methylpolysiloxane non-polar column (15m x 0,32mm i.d.; dengan ketebalan film 0,1 μ m). Temperatur injector dan detector diatur pada suhu 370°C. Temperatur kolom dimulai pada suhu 80°C dan meningkan menuju 305°C dengan laju 15°C/menit, lalu menuju 335°C dengan laju 5°C/menit dan dijaga pada suhu 335°C selama 5 menit. Selanjutnya, temperatur kolom ditingkatkan menuju 365°C

dengan laju 15°C/menit. *Split ratio* 1:50 menggunakan nitrogen sebagai *carrier gas* dengan laju linier 30 cm/s pada 80 °C. Sampel sebanyak 20 mg dilarutkan dalam 1 mL etil asetat, dan 1 μ L sampel diambil dan diinjeksikan ke GC.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kemurnian bahan baku biodiesel yang dihasilkan dari metode *Batchwise solvent extraction* dengan *microwave solvent extraction*. Bahan baku yang digunakan adalah *crude* minyak nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) dan *crude* minyak jarak pagar (*Jatropha curcas*). Pemilihan bahan baku ini berdasarkan kandungan minyak (*oil content*) yang tinggi dibandingkan dengan tanaman *non-edible* lainnya. Hasil yang didapatkan akan dianalisa menggunakan TLC (*Thin Layer Chromatography*) dan GC (*Gas Chromatography*). Parameter yang digunakan pada penelitian ini ialah kandungan Triglicerida (TG) dan kandungan *Free Fatty Acid* (FFA) pada produk. Kadar FFA yang tinggi dalam produksi biodiesel mampu memicu terjadinya reaksi saponifikasi yang akan berakibat pada penurunan kadar FAME (*fatty acid methyl ester*) yang dihasilkan (Rhofita, 2015). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Tiwari (2007) yang menyatakan kadar FFA minyak diatas 1% akan menurunkan tingkat rendemen yang dihasilkan dan meningkatkan pembentukan sabun, sehingga proses pemisahan biodiesel dan gliserol menjadi sulit.

Crude minyak nyamplung yang digunakan pada penelitian ini berwarna hijau gelap dan berbentuk cair pada suhu ruang. Kandungan tertinggi dari minyak nyamplung adalah trigliserida dengan komposisi minyak nyamplung pada Tabel IV.1.

Tabel IV.1 Persentase Kemurnian Tiap Komponen dalam Minyak Nyamplung

Komponen	% Kemurnian		
	Minyak Nyamplung ^a	Minyak Nyamplung ^b	Minyak Nyamplung ^c
Trigliserida	74,00	78,30	75,99
FFA	8,85	8,51	11,23

Sumber: a diadaptasi dari Dweck, 2002

b diadaptasi dari Aparamarta dkk, 2016

c minyak nyamplung pada studi ini

Bahan baku selanjutnya yang digunakan pada penelitian ini adalah *crude* minyak jarak pagar. *Crude* minyak jarak pagar yang digunakan berwarna kuning tua dan berbentuk cair pada suhu ruang. Kandungan tertinggi dari minyak jarak pagar adalah trigliserida dengan komposisi minyak jarak pagar pada Tabel IV.2.

Tabel IV.2 Persentase Kemurnian Tiap Komponen dalam Minyak Jarak Pagar

Komponen	% Kemurnian		
	Minyak Jarak Pagar	Minyak Jarak Pagar	Minyak Jarak Pagar
Trigliserida	-	-	73,02 ^c
FFA	14,9 ^a	18,05 ^b	11,89 ^c

Sumber: a diadaptasi dari Hanny dkk, 2007

b diadaptasi dari Grisel dkk, 2013

c minyak nyamplung pada studi ini

Berdasarkan data diatas, minyak biji nyamplung lebih prospektif dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel karena memiliki kandungan trigliserida yang tinggi dan kandungan free fatty acid yang rendah jika dibandingkan dengan minyak jarak pagar. Pada penelitian ini produk diinginkan memiliki kandungan trigliserida yang tinggi dan kandungan *Free Fatty Acid* yang rendah.

IV.1 Seleksi Metode

Beberapa metode telah dilakukan untuk mengisolasi suatu komponen dalam bahan baku tertentu. Ingrath dkk., pada tahun 2015 melakukan pemisahan pigmen antosianin dari kulit buah naga merah menggunakan metode ekstraksi gelombang mikro

(*microwave extraction*). Metode ini menggunakan prinsip pemecahan struktur/ikatan senyawa-senyawa yang terkandung dalam bahan baku disebabkan oleh iradiasi gelombang mikro. Lalu pada tahun 2016, Aparamarta dkk., menggunakan metode *batchwise solvent extraction* untuk memisahkan fraksi PLF dan NPLF dari minyak nyamplung. Metode ini menggunakan prinsip perbedaan sifat polaritas senyawa-senyawa yang terkandung dalam minyak nyamplung. Sehingga senyawa polar yang terkandung dalam *crude* akan terlarut dalam pelarut polar dan senyawa tidak polar akan terlarut dalam pelarut non polar. Untuk memperoleh senyawa non-polar (trigliserida) dengan kemurnian yang tinggi dilakukan analisa perbandingan metode yang sudah ada sebagai konsep proses terbaik. Analisa tersebut disajikan pada Tabel IV.3 berikut:

Tabel IV.3 Perbandingan Proses Separasi Komponen

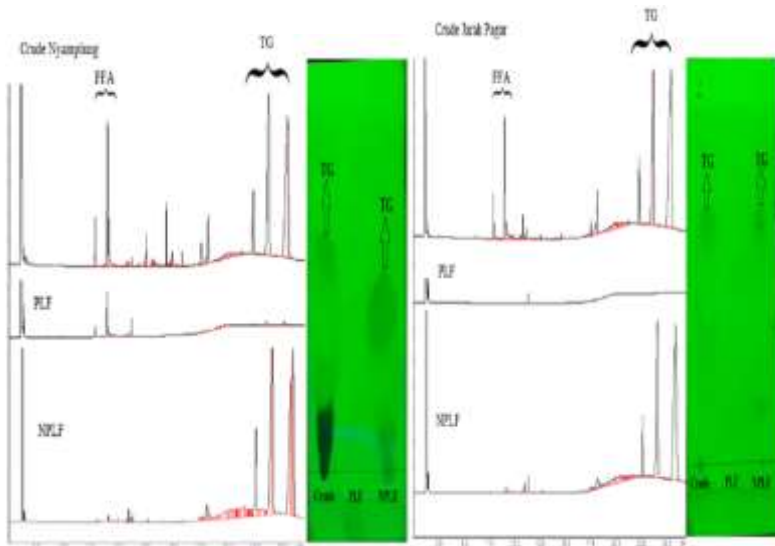
Parameter	<i>Batchwise Solvent Extraction</i>	<i>Microwave Extraction</i>
Waktu <i>treatment</i>	Lama	Cepat
Solvent yang digunakan	Banyak	Sedikit
Kadar trigliserida akhir	Tinggi	Rendah
Kadar FFA akhir	Rendah	Tinggi

Dari data yang dijelaskan pada tabel IV.3 di atas dapat disimpulkan bahwa cara separasi komponen dalam minyak yang terbaik adalah menggunakan *Batchwise solvent extraction* karena menghasilkan kadar trigliserida tinggi dan kadar FFA rendah. Akan tetapi, metode ini membutuhkan waktu yang lama dan *solvent* yang banyak. Disisi lain, metode *microwave extraction* membutuhkan waktu yang cepat dan *solvent* yang sedikit dalam proses pemurnian minyak nabati. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan studi komparatif pemurnian minyak dengan menggunakan metode *Batchwise solvent extraction* dan *microwave extraction*. Sehingga diharapkan metode ini sangat efektif dalam pemurnian senyawa trigliserida pada minyak nyamplung dan jarak pagar.

IV.2 Metode *Batchwise Solvent Extraction*

Metode ini menggunakan petroleum eter dan metanol sebagai *solvent*. Pemilihan kedua *solvent* ini didasarkan pada indeks polaritas, dimana metanol adalah senyawa polar dengan indeks polaritas sebesar 5,1 sedangkan petroleum eter merupakan senyawa non-polar dengan indeks polaritas 0 (Sadek, 2002). Dengan dua sifat polaritas yang berbeda inilah, diharapkan senyawa polar yang terkandung dalam *crude* akan terlarut dalam metanol dan senyawa non-polar akan terlarut dalam fraksi

petroleum eter. Proses ekstraksi ini dimulai dengan penimbangan *crude* minyak sebesar 40 gram, dan rasio perbandingan antara *crude* dengan *solvent* yang digunakan adalah 1:5. *Solvent* yang digunakan merupakan campuran pelarut petroleum eter dan methanol dengan rasio antara petroleum eter dan metanol yang digunakan adalah 3:1. *Crude* minyak yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam *beaker glass*, dilanjutkan dengan penambahan *solvent*. Campuran ini dihomogenkan menggunakan magnetik stirrer selama 15 menit. Kemudian, campuran di dalam *beaker glass* dipindahkan ke dalam corong pemisah untuk dilakukan pemisahan antara fraksi polar dan fraksi non-polar. Proses pemisahan ini membutuhkan waktu yang relatif lama semakin tinggi konsentrasi senyawa dalam larutan maka semakin lama waktu pemisahan yang dibutuhkan. Ekstraksi kemudian dilanjutkan hingga *stage* 10 dengan penambahan metanol sesuai dengan perbandingan awal. Kemudian hasil dilakukan uji TLC dan uji GC untuk mengetahui kadar TG dan FFA secara kualitatif dan kuantitatif. Hasil analisa GC dan TLC ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



a. Analisa minyak nyamplung

b. Analisa minyak jarak

Gambar IV.1 Analisa GC dan TLC pada minyak nyamplung dan minyak jarak pagar

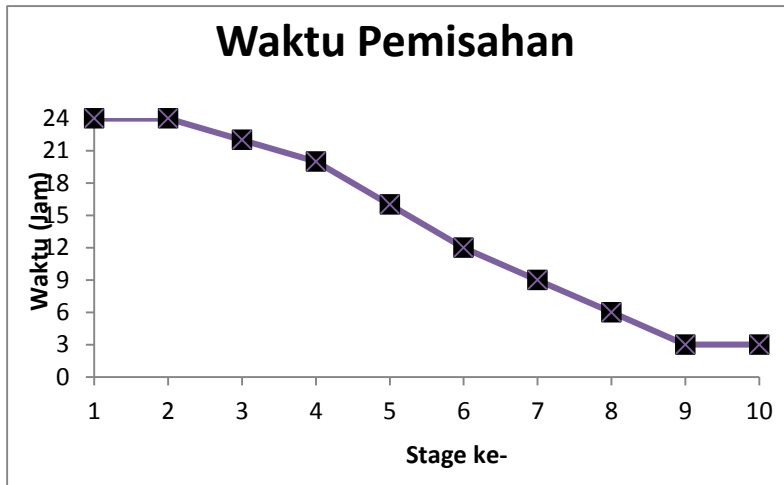
Dari hasil analisa TLC di atas dapat diketahui bahwa pada awalnya *crude* mengandung senyawa polar yang tinggi. Hal ini dibuktikan dengan adanya *spot* pada pelat TLC. Setelah *crude* mengalami proses purifikasi/pemurnian, komponen-komponen polar seperti FFA akan mengalami penurunan dan komponen non-polar seperti TG mengalami peningkatan pada minyak yang dihasilkan. Pernyataan ini terbukti pada fraksi polar setelah pemurnian memiliki *spot* semakin sedikit dibandingkan *crude* dan pada fraksi non-polar memiliki *spot* yang semakin banyak

dibandingkan *crude*. Sedangkan pada *byproduct* (PLF) yang dihasilkan tidak terlihat fraksi polar dan non-polar karena PLF yang dihasilkan di stage 9 memiliki warna yang bening dan dapat disimpulkan bahwa pada PLF tersebut hanya mengandung pelarut dan tidak memiliki kandungan senyawa polar atau non-polar. Namun, analisa TLC ini hanya secara kualitatif. Sehingga dibutuhkan suatu analisa kuantitatif yaitu dengan menggunakan analisa GC. Hasil analisa GC berupa data-data numerik kandungan TG dan FFA pada setiap *stage* yang bisa dilihat pada *peak* dengan *retention time* tertentu. Gambar IV.1 di atas menunjukkan bahwa pemurnian *crude* berhasil dilakukan.

IV.2.1 Minyak Nyamplung

Pada penelitian ini, *crude* minyak nyamplung yang digunakan berasal dari Cilacap, Jawa Tengah. *Crude* minyak nyamplung terlebih dahulu dilakukan analisa TLC dan GC untuk mengetahui kandungan TG dan FFA dalam *crude* minyak nyamplung sebagai bahan baku dan didapatkan kadar TG sebesar 75,99% dan kadar FFA sebesar 12,21%. Kadar FFA yang tinggi mengakibatkan *crude* minyak nyamplung tidak dapat digunakan secara langsung sebagai bahan baku biodiesel. Oleh karena itu, *crude* minyak nyamplung harus dilakukan pemurnian. Proses pemurnian menggunakan metode *batchwise solvent extraction*

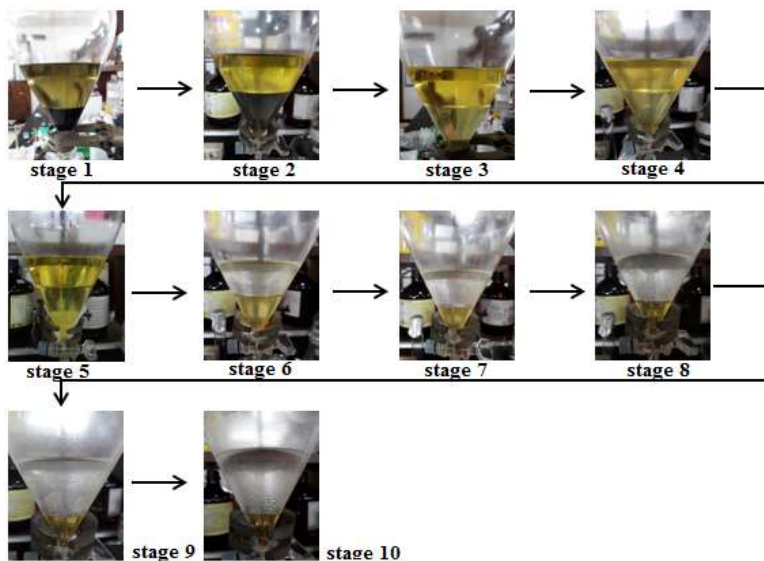
dengan 10 *stages*. Adapun waktu yang dibutuhkan untuk pemisahan senyawa polar dan non-polar setiap *stage* pada metode *batchwise solvent extraction* adalah sebagai berikut:



Gambar IV.2 Waktu Pemisahan Setiap *Stage* Pada Nyamplung

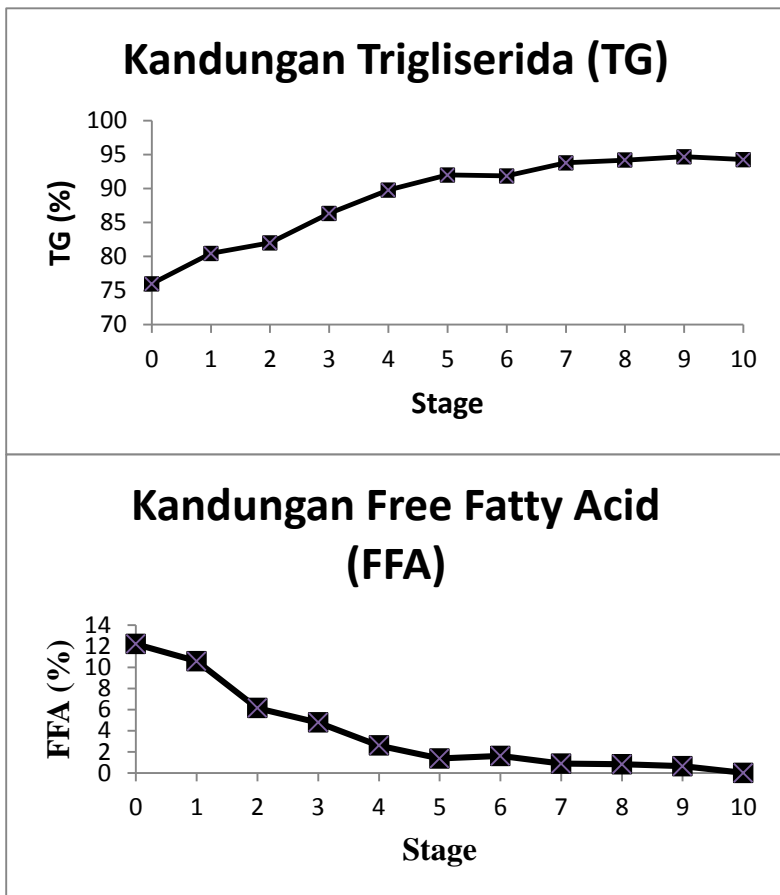
Pemisahan senyawa polar dan non-polar pada minyak nyamplung dengan menggunakan metode *batchwise solvent extraction* membutuhkan waktu selama 139 jam (5,79 hari). Berdasarkan gambar diatas, waktu pemisahan mengalami penurunan. *Stage* awal memiliki waktu pemisahan yang lebih lama jika dibandingkan dengan *stage* terakhir. Hal ini dikarenakan pada *stage* awal kandungan senyawa polar dalam minyak nyamplung sangat banyak sehingga membutuhkan waktu yang lama dalam pemisahan (Aparamarta, 2016). Semakin banyak kandungan

senyawa dalam suatu bahan maka semakin lama proses pemisahan tersebut. Secara kualitatif, kandungan senyawa polar mengalami penurunan dapat diketahui dari perubahan warna yang terjadi. Pada *stage* awal fraksi PLF berwarna hijau kehitaman. Akan tetapi seiring bertambahnya *stage* mengakibatkan terjadi perubahan warna fraksi PLF menuju bening. Hal tersebut menunjukkan proses pemisahan berhasil dilakukan.



Gambar IV.3 Hasil Pemisahan Minyak Nyamplung Setiap *Stage*

Hasil yang didapatkan setiap *stage* dianalisa kadar TG dan kadar FFA menggunakan GC sehingga didapatkan data-data yang ditunjukkan pada gambar di bawah.



Gambar IV.4 Kandungan senyawa TG dan FFA setiap *stage*

Pada gambar IV.4 dapat dilihat bahwa kadar trigliserida yang mengalami peningkatan dan kadar FFA mengalami penurunan. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan aparamarta,dkk (2016) yang berhasil memurnikan

senyawa trigliserida menggunakan metode batchwise solvent extraction. Semakin banyak jumlah stage didapatkan kandungan trigliserida yang semakin tinggi, dari 75,99% trigliserida dalam *crude* minyak nyamplung, didapatkan kadar trigliserida tertinggi pada stage ke-9 sebesar 94,24%. Akan tetapi, pada stage ke-10 kandungan trigliserida mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan senyawa trigliserida terkonversi menjadi senyawa lainnya.

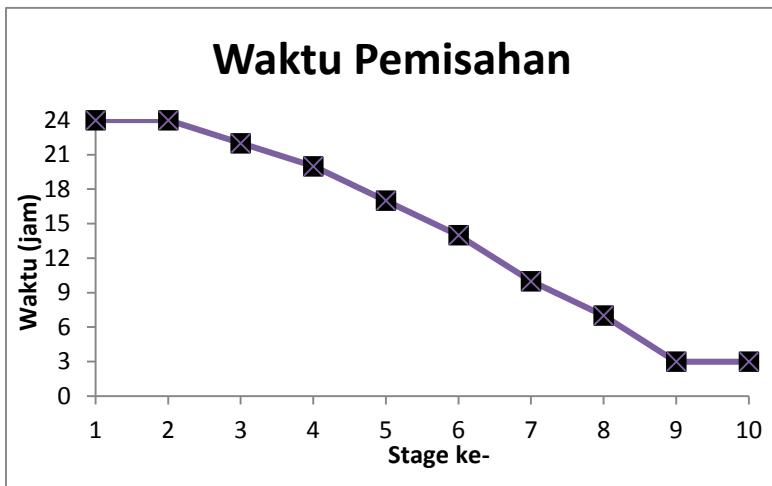
Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa senyawa trigliserida berhasil dimurnikan dengan metode batchwise solvent extraction. Adapun kondisi optimal tercapai pada stage 9 karena memiliki kandungan TG yang tinggi sebesar 94,24%.

IV.2.2 Minyak Jarak Pagar

Sebelum melakukan penelitian, terlebih dahulu yang perlu dilakukan adalah persiapan bahan baku untuk mendapatkan *crude* minyak biji jarak pagar. Pada penelitian ini, biji jarak pagar yang digunakan berasal dari Padang Ganting, Kabupaten Tanah Datar, Sumatera Barat. Biji jarak pagar terlebih dahulu dilakukan pengeringan pada suhu 100°C selama 24 jam. Pengeringan ini bertujuan untuk mengurangi kadar air, mempercepat proses ekstraksi, dan memperbaiki mutu minyak yang dihasilkan. Kemudian, biji jarak pagar dipecah untuk memperkecil ukuran bahan. Tujuan dari memperkecil ukuran bahan ini karena luas

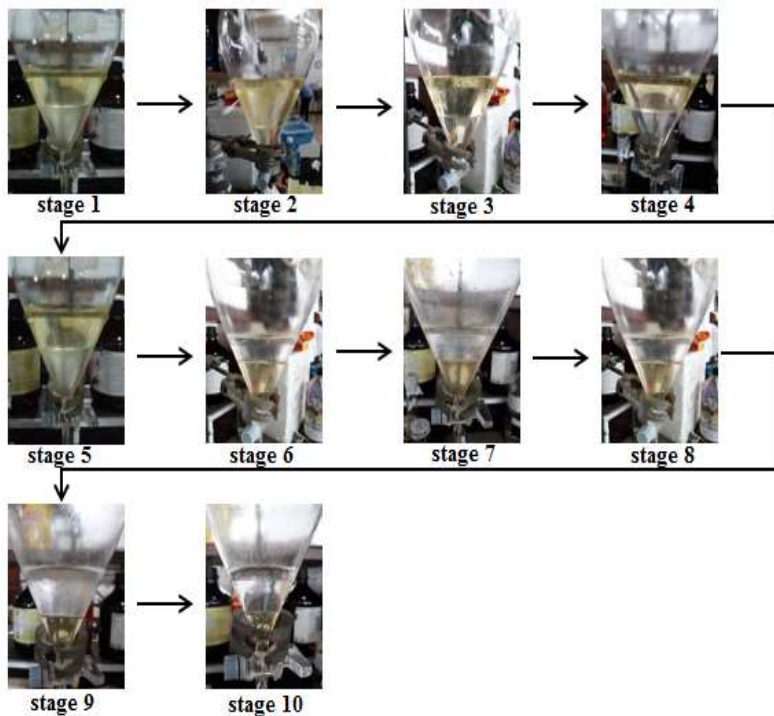
permukaan berpengaruh selama proses ekstraksi. Pada ukuran bahan yang kecil, akan menyebabkan luas permukaan yang besar sehingga meningkatkan interaksi antara pelarut dengan minyak yang terkandung dalam bahan. Hal ini akan mempercepat proses ekstraksi dan meningkatkan *yield* (Francis, 1982).

Ekstraksi dilakukan menggunakan metode soxhlet dengan menggunakan pelarut n-heksana sebanyak 100 mL untuk 100 gram biji jarak pagar. Selanjutnya, minyak yang didapatkan dilakukan distilasi untuk memisahkan dan menghilangkan pelarut n-heksana yang terdapat dalam minyak. Minyak jarak pagar yang dihasilkan kemudian dilakukan analisa TLC dan GC untuk mengetahui kandungan TG dan FFA dalam crude minyak jarak pagar sebagai bahan baku dan didapatkan kadar TG sebesar 73,02% dan kadar FFA sebesar 11,89%. Kadar FFA yang tinggi mengakibatkan crude minyak jarak pagar tidak dapat digunakan langsung sebagai bahan baku biodiesel. Oleh karena itu, crude minyak jarak pagar harus dilakukan pemurnian. Proses pemurnian menggunakan metode batchwise solvent extraction dengan 10 stage. Adapun waktu yang dibutuhkan untuk pemisahan senyawa polar dan non-polar setiap stage pada metode batchwise solvent extraction adalah sebagai berikut:



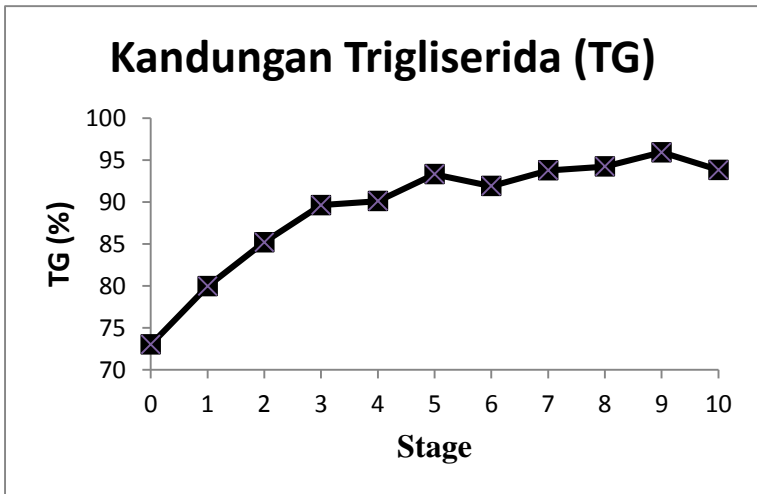
Gambar IV.5 Waktu Pemisahan Setiap *Stage* Pada Jarak Pagar

Pemisahan senyawa polar dan non-polar pada minyak jarak pagar dengan menggunakan metode *batchwise solvent extraction* membutuhkan waktu selama 139 jam (5,79 hari). Secara kualitatif, kandungan senyawa polar mengalami penurunan dan dapat diketahui dari perubahan warna yang terjadi. Pada stage awal fraksi PLF berwarna kuning kemerahan. Akan tetapi seiring bertambahnya stage mengakibatkan terjadi perubahan warna fraksi PLF menuju bening. Hal tersebut menunjukkan proses pemisahan berhasil dilakukan.



Gambar IV.6 Hasil Pemisahan Minyak Jarak Pagar Setiap *Stage*

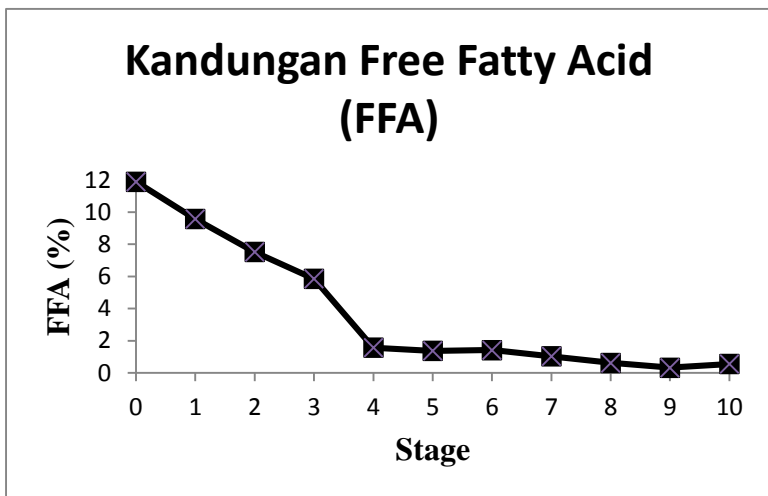
Hasil yang didapatkan setiap *stage* dianalisa kadar TG dan kadar FFA menggunakan GC sehingga didapatkan data-data yang ditunjukkan pada gambar di bawah.



Gambar IV.7 Kandungan senyawa TG setiap stage pada minyak jarak pagar

Berdasarkan gambar diatas dapat disimpulkan bahwa senyawa triglislerida berhasil dimurnikan dengan metode *batchwise solvent extraction*. Hal ini dapat dilihat dari kadar triglislerida yang mengalami peningkatan dari 73,02% menjadi 93,83%.

Adapun kondisi optimal tercapai pada stage 9 karena memiliki kandungan TG yang tinggi sebesar 95,94%.



Gambar IV.8 Kandungan senyawa FFA setiap stage pada minyak jarak pagar

Bersadarkan hasil di atas, kondisi optimum didapat pada *stage* 9. Dari *stage* 8 hingga 9, kandungan TG meningkat dan FFA menurun. Di sisi lain, pada *stage* 9 hingga 10, kandungan TG meningkat dan FFA juga meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan TG dan penurunan FFA memiliki kondisi optimal, yaitu pada tahap 9.

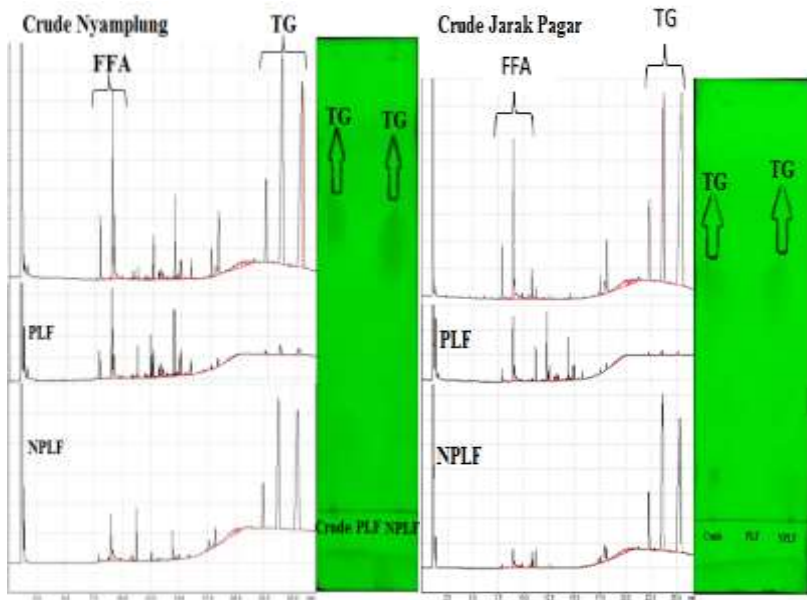
Adapun kondisi optimal tercapai pada *stage* 9 karena memiliki kandungan FFA yang rendah, yaitu 0,55%.

IV.3 Metode *Microwave Extraction*

Microwave adalah radiasi gelombang elektromagnetik dengan rentang frekuensi 0,3-300 GHz. *Microwave* berada di spektrum elektromagnetik antara gelombang inframerah dan gelombang radio dengan panjang gelombang antara 0,01 dan 1 m. Oven *microwave* komersial yang diperbolehkan untuk aplikasi domestik beroperasi pada frekuensi 2,45 GHz untuk menghindari gangguan telekomunikasi dan frekuensi telepon seluler (Veera Gnaneswar Gude dkk, 2013).

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah *Microwave Extraction* dengan menggunakan *microwave* sebagai pemanas. Dasar dari proses *Microwave Extraction* berbeda dari metode konvensional karena ekstraksi terjadi akibat perubahan struktur sel yang disebabkan oleh gelombang elektromagnetik. Pada metode MAE, energi gelombang mikro disampaikan langsung ke bahan melalui interaksi molekul dengan medan elektromagnetik melalui konversi energi elektromagnetik menjadi panas (Veggi dkk, 2103). Metode ekstraksi dengan menggunakan *microwave* ini dipilih karena pemanasan yang dibutuhkan cukup singkat dan solutnya dapat digunakan kembali. Proses ekstraksi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu suhu, daya, dan waktu kontak.

Metode ekstraksi microwave digunakan untuk menggantikan langkah-langkah degumming, netralisasi, dan deodorisation dalam proses kimia dari produksi minyak nabati. Selanjutnya, kemurnian dan pemulihan TAG dan FFA dipilih sebagai indikator untuk pemisahan efektif fraksi lipid nonpolar dari minyak nyamplung dan jarak pagar. Analisis GC dan TLC dari minyak mentah, PLF, dan NPLF ditunjukkan pada Gambar IV.7



a. Analisa minyak nyamplung

b. Analisa minyak jarak

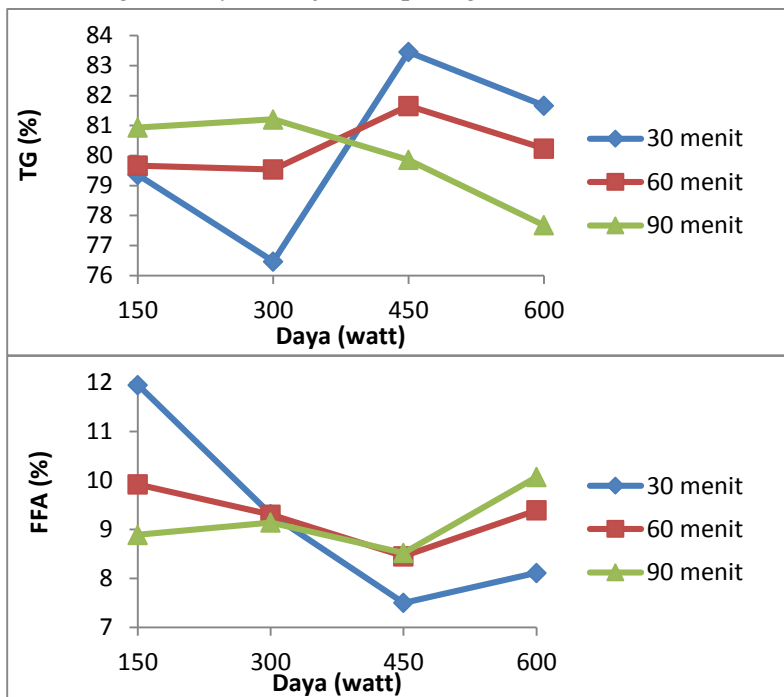
Gambar IV.9 Analisa GC dan TLC pada minyak nyamplung dan minyak jarak pagar

Gambar diatas menunjukkan bahwa NPLF memiliki senyawa trigliserida tertinggi dibandingkan minyak mentah yang digunakan dalam penelitian ini. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa Aparamarta dkk (2016) berhasil memisahkan minyak nyamplung menjadi dua fraksi berdasarkan polaritas senyawanya melalui ekstraksi pelarut batchwise. Lipid nonpolar diekstraksi oleh pelarut nonpolar di lapisan atas. Ekstrak dipisahkan dan dipekatkan untuk memberikan fraksi lipid nonpolar (NPLF). Ekstrak metanol ditetapkan sebagai fraksi lipid polar (PLF). Variabel daya *microwave* yang digunakan adalah daya 300, 450, dan 600 W dengan variabel waktu yang digunakan adalah selama 10, 20, dan 30 menit.

IV.3.1 Pengaruh Daya

Daya adalah jumlah energi yang dikirim per satuan waktu (Joule / detik). Daya dan temperatur mempunyai keterkaitan, apabila daya tinggi maka dapat meningkatkan suhu operasi di atas titik didih pelarut dan menghasilkan peningkatan senyawa trigliserida (TG) dalam minyak nyamplung (Erliyanti, dkk, 2017). Daya bertindak sebagai kekuatan pendorong untuk memecah struktur sel membran, sehingga senyawa trigliserida (TG) meningkat. Secara umum, penambahan daya akan meningkatkan senyawa trigliserida (TG) dan mempercepat waktu ekstraksi. Daya

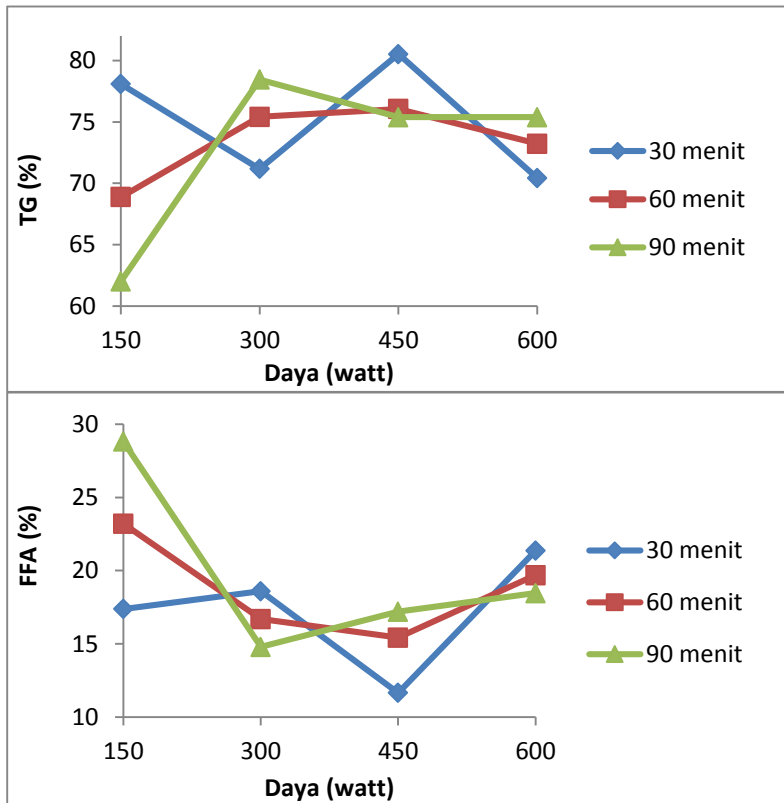
akan mengontrol jumlah energi yang akan diterima oleh material dan diubah menjadi energi panas. Energi panas akan mempengaruhi proses pemurnian senyawa trigliserida. Daya akan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 150; 300; 450; dan 600 watt. Pengaruh daya ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar IV.10 Pengaruh Daya Pada Minyak Nyamplung

Dari gambar IV.10 dapat dilihat bahwa metode microwave extraction memiliki titik optimal dalam pemurnian senyawa trigliserida (TG) pada CCIO. Persentase (%) tertinggi dari senyawa

trigliserida (TG) diperoleh pada 450 watt sebesar 83,46% dan *Free Fatty Acid* (FFA) sebesar 7,5%.



Gambar IV.11 Pengaruh Daya Pada Minyak Jarak Pagar

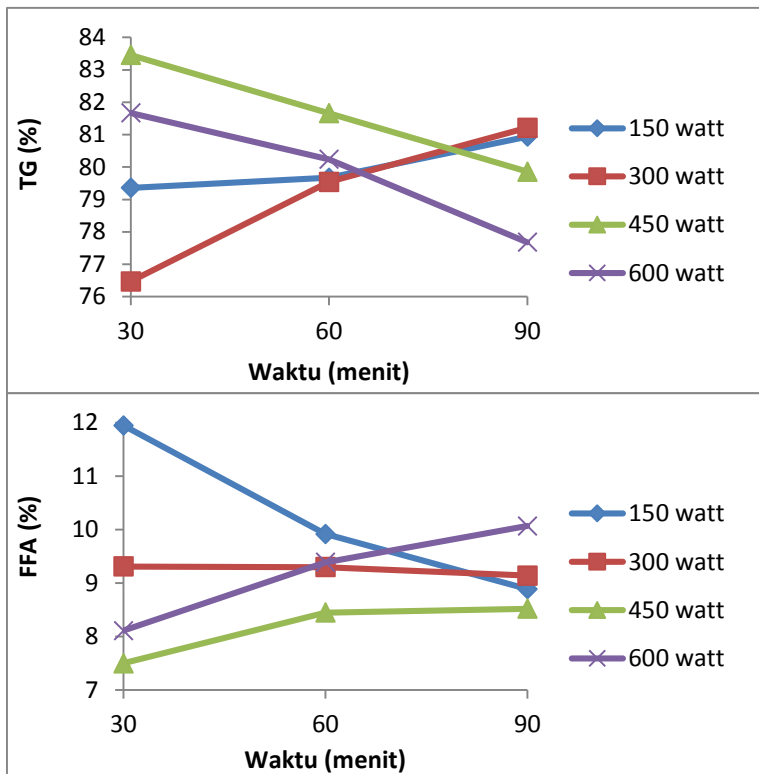
Dari gambar IV.11 dapat dilihat bahwa metode microwave extraction memiliki titik optimal dalam pemurnian senyawa trigliserida (TG) pada jarak pagar. Persentase (%) tertinggi dari

senyawa trigliserida (TG) diperoleh pada 450 watt sebesar 80,53% dan *Free Fatty Acid* (FFA) sebesar 11,65%.

Secara umum dapat dilihat bahwa ekstraksi yang dilakukan pada daya 600 W dihasilkan kadar trigliserida yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan daya 450 W. Hal ini karena terjadinya degradasi pada bahan dan komponen minyak. Energi yang lebih besar diterima oleh material untuk diubah menjadi panas sehingga reaksi pemotongan senyawa trigliserida (TG) dari minyak nyamplung akan lebih besar. Hal ini disebabkan trigliserida (TG) berubah menjadi FFA sehingga FFA meningkat (Erliyanti, dkk, 2017).

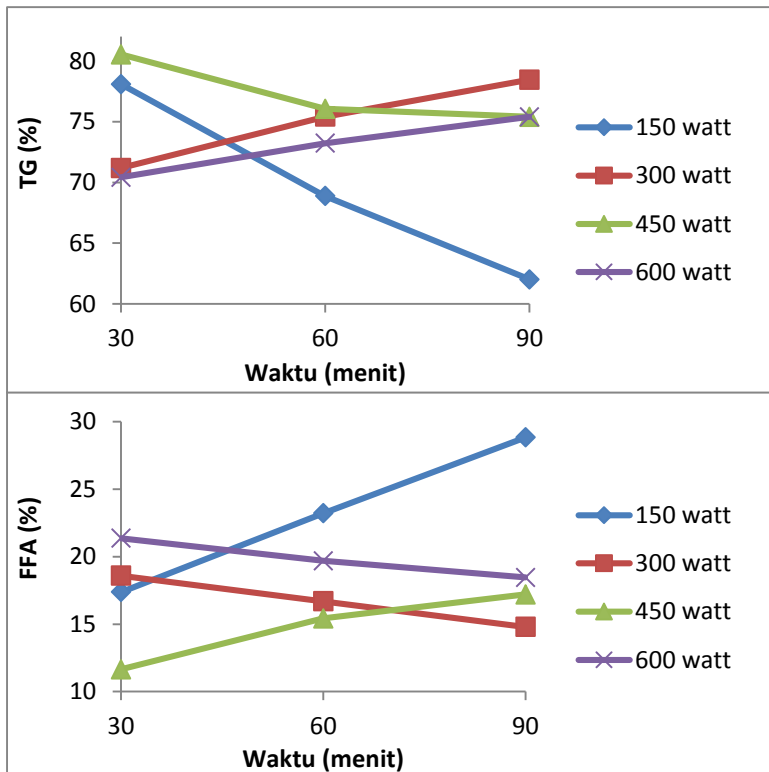
IV.3.2 Pengaruh Waktu

Secara umum dengan semakin meningkatnya waktu ekstraksi, maka jumlah analit yang terekstrak akan semakin tinggi (Mandal *et al.*, 2007). Selain itu, penyerapan energi *microwave* di dalam sistem ekstraksi memicu akumulasi termal dalam pelarut yang mendorong pelarutan biji nyamplung ke dalam pelarut (Maran *et al.*, 2013).



Gambar IV.12 Pengaruh Waktu Pada Minyak Nyamplung

Dari gambar IV.12 dapat disimpulkan bahwa metode microwave memiliki titik optimal dalam memurnikan senyawa trigliserida (TG) pada CCIO. Persentase (%) tertinggi dari senyawa trigliserida (TG) diperoleh pada saat waktu 30 menit sebesar 83,46% dan *Free Fatty Acid* (FFA) sebesar 7,5%.



Gambar IV.13 Pengaruh Waktu Pada Minyak Jarak Pagar

Dari gambar IV.13 dapat disimpulkan bahwa metode microwave memiliki titik optimal dalam memurnikan senyawa trigliserida (TG) pada Jarak Pagar. Persentase (%) tertinggi dari senyawa trigliserida (TG) diperoleh pada saat waktu 30 menit sebesar 80,53% dan *Free Fatty Acid* (FFA) sebesar 11,65%.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa waktu berpengaruh pada paparan gelombang mikro yang digunakan,

semakin lama bahan terpapar oleh radiasi gelombang mikro mengakibatkan pecahnya jaringan bahan sehingga akan mengeluarkan senyawa terlarut ke dalam pelarut. Namun waktu paparan yang terlalu lama harus dihindari untuk mencegah terjadinya degradasi senyawa hasil ekstraksi. Semakin lama ekstraksi menyebabkan larutan menjadi jenuh dan daya ekstraknya menurun sehingga penambahan waktu tidak akan memberikan konsentrasi nyata (Wiratarkusumah dkk, 1992). Dari data dapat dilihat bahwa senyawa trigliserida (TG) menurun dan FFA meningkat pada waktu 60 dan 90 menit. Hal ini karena waktu yang terlalu lama menyebabkan TG berubah menjadi senyawa lain.

IV.4 Komparasi Metode *Batchwise Solvent Extraction* dan *Microwave Extraction*

Metode *Batchwise Solvent Extraction* merupakan suatu metode ekstraksi berdasarkan prinsip perbedaan tingkat polaritas senyawa-senyawa yang terkandung dalam bahan baku. Metode ini berfungsi untuk menghilangkan pengotor sekaligus memurnikan dan memisahkan antara fraksi polar dan non polar yang masih ada dalam *crude* ekstrak. *Crude* ekstrak dicampurkan dengan pelarut polar dan non polar sehingga senyawa polar akan larut pada pelarut polar dan senyawa non polar akan larut pada pelarut non polar. Larutan kemudian akan terpisah menjadi dua *layer* dimana

dibagian atasnya merupakan *Non Polar Lipid Fraction* (NPLF) yang kaya akan trigliserida (TG) sedangkan layer bawah disebut *Polar Lipid Fraction* (PLF) yang kaya akan senyawa free fatty acid (FFA) dan senyawa bioaktif. NPLF selanjutnya dicuci menggunakan pelarut polar untuk menghilangkan senyawa-senyawa polar yang masih terkandung dalam NPLF sehingga kadar trigliserida akan meningkat dan kadar FFA akan menurun.

Microwave Extraction merupakan suatu metode ekstraksi dengan memanfaatkan iradiasi gelombang mikro (microwave). Gelombang mikro (microwave) adalah gelombang elektromagnetik dengan frekuensi antara 300 MHz - 300 GHz (Kaufmann et al, 2002). Gelombang mikro terbentuk dari dua medan kumparan tegak lurus (*oscillating perpendicular fields*), yaitu medan listrik dan medan magnetik. Gelombang mikro berperan sebagai vektor energi kepada bahan yang mampu menyerap dan mengubah energi menjadi panas secara radiasi (Jain *et al.*, 2009).

Setelah melakukan penelitian dengan menggunakan metode Batchwise Solvent Extraction dan Microwave Extraction kemudian dilakukan komparasi kandungan TG dan FFA yang telah didapatkan. Adapun data yang didapat sebagai berikut:

IV.4.1 Minyak Nyamplung

Tabel IV.4 Perbandingan Hasil Pada Minyak Nyamplung

<i>Batchwise Solvent Extraction</i>				<i>Microwave Extraction</i>			
<i>Stage</i>	Kadar TG (%)	Kadar FFA (%)	Waktu (jam)	Daya (watt)	waktu (menit)	Kadar TG (%)	Kadar FFA (%)
0	75,99	11,23	-	150	30	79,36	11,95
1	80,46	10,59	24		60	79,67	9,92
2	82,02	6,14	24		90	80,94	8,89
3	86,35	4,77	22	300	30	76,47	9,31
4	89,77	2,59	20		60	79,54	9,3
5	91,98	1,36	16		90	81,21	9,14
6	91,84	1,61	12	450	30	83,46	7,5
7	93,77	0,88	9		60	81,66	8,45
8	94,19	0,81	6		90	79,86	8,52
9	94,67	0,63	3	600	30	81,67	8,11
10	94,24	0,83	3		60	80,24	9,39
					90	77,68	10,07

Dari table diatas bisa disimpulkan bahwa dengan menggunakan proses *Microwave extraction* pada daya 450 watt dan waktu 30 menit dapat menggantikan 2 *stages* dari proses *Batchwise Solvent Extraction*. Sehingga dapat mempersingkat waktu untuk mendapatkan trigliserida dan *free fatty acid* sama tetapi dengan waktu yang relatif lebih singkat. Untuk mendapatkan 2 *stages* pada proses *Batchwise Solvent Extraction* membutuhkan waktu 48 jam, sedangkan pada metode *Microwave solvent extraction* hanya 30 menit.

IV.4.2 Minyak Jarak Pagar

Tabel IV.5 Perbandingan Hasil Pada Minyak Jarak Pagar

Batchwise Solvent Extraction				Microwave Extraction			
Stage	Kadar TG (%)	Kadar FFA (%)	Waktu (jam)	Daya (watt)	waktu (menit)	kadar TG (%)	Kadar FFA (%)
0	73,02	11,89	-	150	30	78,09	17,38
1	79,96	9,57	24		60	68,88	23,21
2	85,21	7,52	24		90	62,01	28,83
3	89,63	5,85	22	300	30	71,18	18,59
4	90,11	1,57	20		60	75,41	16,69
5	93,33	1,37	17		90	78,45	14,79
6	91,91	1,42	14	450	30	80,53	11,65
7	93,78	1,03	10		60	76,05	15,42
8	94,23	0,62	7		90	75,39	17,2
9	95,94	0,32	3	600	30	70,42	21,36
10	93,83	0,55	3		60	73,22	19,69
					90	75,39	18,46

Dari table diatas bisa disimpulkan bahwa dengan menggunakan proses *Microwave extraction* pada daya 450 watt dan waktu 30 menit dapat menggantikan 1 *stages* dari proses *Batchwise Solvent Extraction*. Sehingga dapat mempersingkat waktu untuk mendapatkan trigliserida dan *free fatty acid* hampir sama tetapi dengan waktu yang relatif lebih singkat. Untuk mendapatkan 1 stages pada proses *Batchwise Solvent Extraction* membutuhkan waktu 24 jam, sedangkan pada metode *Microwave solvent extraction* hanya 30 menit.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kondisi optimal pada pemurnian crude minyak nyamplung menggunakan metode batchwise solvent extraction tercapai pada stage ke-9 dengan kadar Triglicerida (TG) sebesar 94,67 % dan kadar *free fatty acid* (FFA) sebesar 0,63 % dan kondisi optimal dengan metode microwave extraction tercapai pada daya 450 watt dalam waktu 30 menit dengan kadar Triglicerida (TG) sebesar 83,46 % dan kadar *Free Fatty Acid* (FFA) sebesar 7,5 %. Berdasarkan kandungan TG yang didapat diperoleh bahwa 2 stage metode batchwise solvent extraction setara dengan metode microwave extraction dengan daya 450 watt dalam waktu 30 menit dan menghemat waktu 48 jam kerja.
2. Kondisi optimal pada pemurnian crude minyak jarak pagar menggunakan metode batchwise solvent extraction tercapai pada stage ke-9 dengan kadar Triglicerida (TG) sebesar 95,94 % dan kadar *Free Fatty Acid* (FFA) sebesar 0,32 % dan kondisi optimal metode microwave extraction tercapai pada daya 450 watt dalam waktu 30 menit dengan kadar Triglicerida (TG) sebesar 80,53 % dan kadar *Free Fatty Acid* (FFA) sebesar 11,65 %. Berdasarkan kandungan TG yang didapat diperoleh bahwa 1 stage metode batchwise setara dengan metode microwave daya 450 watt dalam waktu 30 menit dan menghemat waktu 24 jam kerja.

V.II Saran

1. Mencari alternatif pelarut lainnya sebagai substituen pelarut metanol dan petroleum ether yang mempunyai nilai volatilitas yang rendah.
2. Design alat *microwave* yang tepat untuk kondisi operasi dan bahan kimia yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alpaslan M., Tepe S., Simsek O., 2001. *Effect of refining processes on the total and individual tocopherol content in sunflower oil*. Int. J. Food Sci. Technol. 36, 737-739.
- Aparamarta W.W.H., Saputra T., Claratika A., Ju Y.H., Gunawan S., 2016. *Separation and Purification of Triacylglycerols from Nyamplung (Calophyllum inophyllum) Oil by Batchwise Solvent Extraction*. Ind. Eng. Chem. Re. 55, 3113–3119.
- Atabani A.E., Aldara da Silva Cesar, 2014. *Calophyllum inophyllum L. – A prospective non-edible biodiesel feedstock. Study of biodiesel production, properties, fatty acid composition, blending and engine performance*. Energi.
- Atabani A.E., Mahlia T.M.I., Masjuki H.H., Badruddin Irfan Anjum, Yussof Hafizuddin Wan, Chong W.T., 2013. *A comparative evaluation of physical and chemical properties of biodiesel synthesized from edible and non-edible oils and study on the effect of biodiesel blending*. Energi 2013;58:296–304.
- Azam M.M., Waris A., Nahar N.M., 2015. *Prospects and potential of fatty acid methyl esters of some non-traditional seed oils for use as biodiesel in India*. Biomass Bioenergi 2005;29(4):293–302.
- Carr R.A., 1976. *Degumming and refining practices in the U.S. Oil Chemists 'Soc.* 53, 347-352.
- Games D.E., 1972. *Identification Of 4-Phenyl and 4-Alkylcoumarin in Mammea americana L., Mammea Africana G.don and Calophyllum inophyllum L. by Gas Chromatography – Mass Spectrometry*. Elsevier, Tetrahedron Letters no.31, 3187-3190.

- Grisel Corro, Fortino Banuelos, Esmeralda Vidal, Surinam Cebada, 2014. *Measurement of surface acidity of solid catalysts for free fatty acids esterification in Jatropha curcas crude oil for biodiesel production*. Elsevier, Fuel 115 (2014) 625-628.
- Gunawan S., Kasim N.S., Ju Y.H., 2008. *Separation and purification of squalene from soybean oil deodorizer distillate*. Purification Technology 2008, 60, 128.
- Gui M.M., Lee K.T., Bhatia S., 2008. *Feasibility of Edible Oil vs Non Edible Oil vs Waste Edible Oil as biodiesel feedstock*. Energy, Vol. 33, pp. 1646-1653.
- Hanny Johanes Berchmans, Shizuko Hirata, 2008. *Biodiesel production from Jatropha curcas L. seed oil with a high content of free fatty acids*. Elsevier, Bioresource Technology 99 (2008) 1716-1721.
- Hathurusingha S., Ashwath N., Midmore D., 2011. *Periodic variation in kernel oil content and fatty acid profiles of Calophyllum inophyllum L.: A potential biodiesel feedstock in Australia*. Elsevier, biomass and bioenergy 35 (2011) 3448-3452.
- Hathurusingha S., Ashwath N., Midmore D., 2011. *Provenance variations in seed-related characters and oil content of Calophyllum inophyllum L. in northern Australia and Sri Lanka*. New Forests 2011;41(1):89-94.
- Kansedo J., Lee K.T., Bhatia S., 2009. *Cerbera odollam (sea mango) oil as a promising non-edible feed stock for biodiesel production*. Fuel 2009;88(6):1148-50.
- Karaali A., 1985. *The effects of refining on the chemical composition of Turkish sunflower seed oil*. Lipid Science Technology 87, 112-117.

- Kibazohi O., Sangwan R.S., 2011. *Vegetable oil production potential from Jatropha curcas, Croton megalocarpus, Aleurites moluccana, Moringa oleifera and Pachira glabra: assessment of renewable energy resources for bio-energy production in Africa. Biomass and Bioenergy* 2011;35(3):1352–6.
- Kreps F., Vrbíková L., Schmidt Š., 2014. *Influence of industrial physical refining on tocopherol, chlorophyll and beta-carotene content in sunflower and rapeseed oil. Lipid Science Technology* 116,1572-1582.
- Kumar A., Sharma S., 2011. *Potential non-edible oil resources as biodiesel feed-stock: an Indian perspective. Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2011; 15(4):1791–800.
- Mallah M.H., Shami S.M., Hassanien M.M.M., Razek A.G., 2011. *Effect of chemical refining steps on the minor and major components of cottonseed oil. Agriculture Biology*, 2011, 2(2): 341-349.
- Nizam Ud-Din Khan, Parveen N., Singh M.P., Singh R., Achari B., Dastidar P.P.G., Dutta P.K., 1995. *Two Isomeric Benzopyranone Derivatives From Calophyllum inophyllum*. Elsevier, *Phytochemistry*, Vol. 42, No. 4, pp. 1181-1183.
- No S.Y., 2011. *In edible vegetable oils and their derivatives for alternative diesel fuels in CI engines: a review. Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2011; 15(1):131–49.
- Sahoo P.K., Das L.M., Babu M.K.G., Naik S.N., 2007. *Biodiesel development from high acid value polanga seed oil and performance evaluation in a CI engine. Fuel* 2007;86(3):448–54.

- Sathya Selvabala V., Selvaraj D.K., Kalimuthu J., Periyaraman P.M., Subramanian S., 2011. *Two-step biodiesel production from Calophyllum inophyllum oil: Optimization of modified b-zeolite catalyzed pre-treatment*. Elsevier, *Bioresource Technology* 102 (2010) 1066–1072.
- Singh S.P., Singh D., 2010. *Biodiesel production through the use of different sources and characterization of oils and their esters as the substitute of diesel: a review*. *Renewable Sustainable Energy Rev.* 2010, 14 (1), 200–16.
- Venkanna B.K., Reddy C.V., 2009. *Biodiesel production and optimization from Calophyllum inophyllum linn oil (honne oil) – A three stage method*. Elsevier, *Bioresource Technology* 100 (2009) 5122–5125.
- Zufarov O., Schmidt S., Sekretár S., 2008. *Degumming of rapeseed and sunflower oils*. *Acta Chimica Slovaca*. 1, 321-328.

APPENDIKS

1. Perhitungan *Solvent* dan *Crude* yang Digunakan

Solvent yang digunakan adalah petroleum ether (PE) dan methanol. Rasio *solvent* terhadap *crude* adalah 5:1 (g/g), dan rasio *solvent* PE : methanol adalah 75:25 (g/g). Sehingga:

Crude = 40 gram

Solvent = 200 gram, yang terdiri atas PE = 150 gram

Methanol = 50 gram

2. Perhitungan Kalibrasi Kadar *Free Fatty Acid* (FFA) Dengan Metode Titration

$$\begin{aligned}\text{FFA data 1} &= \frac{V \text{ NaOH} \times M \text{ NaOH} \times \text{BM Minyak Kelapa}}{\text{Massa sampel} \times 1000} \times 100\% \\ &= \frac{0,17 \text{ ml} \times 0,05 \text{ mol/l} \times 718,31 \text{ g/mol}}{2,5 \text{ g} \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,244\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{FFA data 2} &= \frac{V \text{ NaOH} \times M \text{ NaOH} \times \text{BM Minyak Kelapa}}{\text{Massa sampel} \times 1000} \times 100\% \\ &= \frac{0,15 \text{ ml} \times 0,05 \text{ mol/l} \times 718,31 \text{ g/mol}}{2,5 \text{ g} \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,215\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{FFA data 3} &= \frac{V \text{ NaOH} \times M \text{ NaOH} \times \text{BM Minyak Kelapa}}{\text{Massa sampel} \times 1000} \times 100\% \\ &= \frac{0,15 \text{ ml} \times 0,05 \text{ mol/l} \times 718,31 \text{ g/mol}}{2,5 \text{ g} \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,215\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ FFA rata-rata} &= \frac{\text{FFA data 1} + \text{FFA data 2} + \text{FFA data 3}}{3} \\ &= 0,225\%\end{aligned}$$

Larutan standar yang di uji adalah minyak goreng merk bako. Hasil perhitungan titrasi diatas digunakan untuk menentukan retention time senyawa *Free Fatty Acid* (FFA) pada alat *Gas Chromatography* (GC).

3. Waktu yang dibutuhkan pada metode *Batchwise Solvent Extraction*

<i>Stage ke-</i>	Waktu (jam)	
	Nyamplung	Jarak Pagar
1	24	24
2	24	24
3	22	22
4	20	20
5	16	17
6	12	14
7	9	10
8	6	7
9	3	3
10	3	3
Total	139	144

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Badril Azhar, putra dari pasangan Bapak Sabiran dan Ibu Janewar. Lahir pada tanggal 2 Oktober 1995. Penulis mengenyam pendidikan di SD N 12 Padang Ganting (2001-2007), SMP N 1 Padang Ganting (2007-2010), SMA N 1 Padang Ganting (2011-2013), Diploma III Teknik Kimia UNDIP (2013-2016), S1 Teknik Kimia ITS (2016-2018) yang kemudian pada tahun 2017 mulai melakukan penelitian di

Laboratorium Teknologi Biokimia dan menulis karya berjudul: “Studi Komparatif metode *Batchwise Solvent Extraction* Dan *Microwave Extraction* Untuk Pemurnian Bahan Baku Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Nyamplung Dan Jarak Pagar”.

Email Penulis : badrilazhar@gmail.com

No. HP : +6285274858249



Hanggoro Tri Aditya, putra dari pasangan Bapak Suparto dan Rachmawati. Lahir pada tanggal 18 Februari 1994. Penulis mengenyam pendidikan di SD N Dukuhturi 03 (2000-2006), SMP N 1 Bumiayu (2006-2009), SMA N 1 Bumiayu (2009-2012), Diploma III Teknik Kimia UNDIP (2012-2015), S1 Teknik Kimia ITS (2016-2018) yang kemudian pada tahun 2017 mulai melakukan penelitian di

Laboratorium Teknologi Biokimia dan menulis karya berjudul: “Studi Komparatif metode *Batchwise Solvent Extraction* Dan *Microwave Extraction* Untuk Pemurnian Bahan Baku Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Nyamplung Dan Jarak Pagar”.

Email Penulis : hanggoro441@gmail.com

No. HP : +6285726002290